روعة الكيمياء

مونتي فيتروف وكاثي كوب





روعة الكيمياء

رسالة مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم

عزيزي القارئ:

في عصر يتسم بالمعرفة والمعلوماتية والانفتاح على الآخر، تنظر مؤسسة محمد ابن راشد آل مكتوم إلى الترجمة على أنها الوسيلة المثلى لاستيعاب المعارف العالمية، فهي من أهم أدوات النهضة المنشودة، وتؤمن المؤسسة بأن إحياء حركة الترجمة، وجعلها محركاً فاعلاً من محركات التنمية واقتصاد المعرفة في الوطن العربي، مشروع بالغ الأهمية ولا ينبغي الإمعان في تأخيره.

فمتوسط ما تترجمه المؤسسات الثقافية ودور النشر العربية مجتمعة، في العام الواحد، لا يتعدى كتاباً واحداً لكل مليون شخص، بينما تترجم دول منفردة في العالم أضعاف ما تترجمه الدول العربية جميعها.

أطلقت المؤسسة برنامج «ترجم»، بهدف إثراء المكتبة العربية بأفضل ما قدّمه الفكر العالمي من معارف وعلوم، عبر نقلها إلى العربية، والعمل على إظهار الوجه الحضاري للأمة عن طريق ترجمة الإبداعات العربية إلى لغات العالم.

ومن التباشير الأولى لهذا البرنامج إطلاق خطة لترجمة ألف كتاب من اللغات العالمية إلى اللغة العربية خلال ثلاث سنوات، أي بمعدل كتاب في اليوم الواحد.

وتأمل مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم في أن يكون هذا البرنامج الاستراتيجي تجسيدا عملياً لرسالة المؤسسة المتمثلة في تمكين الأجيال القادمة من ابتكار وتطوير حلول مستدامة لمواجهة التحديات، عن طريق نشر المعرفة، ورعاية الأفكار الخلاقة التي تقود إلى إبداعات حقيقية، إضافة إلى بناء جسور الحوار بين الشعوب والحضارات.

للمزيد من المعلومات عن برنامج «ترجم» والبرامج الأخرى المنضوية تحت قطاع الثقافة، يمكن زيارة موقع المؤسسة www.mbrfoundation.ae

مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم

عن المؤسسة:

انطلقت مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم بمبادرة كريمة من صاحب السمو الشيخ محمد بن راشد آل مكتوم نائب رئيس دولة الإمارات العربية المتحدة رئيس مجلس الوزراء حاكم دبي، وقد أعلن صاحب السمو عن تأسيسها، لأول مرة، في كلمته أمام المنتدى الاقتصادي العالمي في البحر الميت – الأردن في أيار/مايو 2007. وتحظى هذه المؤسسة باهتمام ودعم كبيرين من سموه، وقد قام بتخصيص وقفٍ لها قدره 37 مليار درهم (10 مليارات دولار).

وتسعى مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم، كما أراد لها مؤسسها، إلى تمكين الأجيال الشابة في الوطن العربي، من امتلاك المعرفة وتوظيفها بأفضل وجه ممكن لمواجهة تحديات التنمية، وابتكار حلول مستدامة مستمدة من الواقع، للتعامل مع التحديات التي تواجه مجتمعاتهم.



روعة الكيمياء

العلم المذهل للأشياء المألوفة

تأليف

كاثي كوب ومونتي فيتيرولف

ترجمة

فايقة جرجس

مراجعة

أ.د./ محمد صبري عبد المطلب

أ.د./ محمد محمود أبو علي





روعة الكيمياء

كاثي كوب
ومونتي فيتيرولف

The Joy of Chemistry

Cathy Cobb and
Monty L. Fetterolf

الطبعة الأولى ١٤٣٠هـ-٢٠٠٩م
ISBN 978 977 6263 25 3

كلمات عربية للترجمة والنشر
مكتب رقم ٤، عقار رقم ٢١٩٠، زهراء مدينة نصر
جمهورية مصر العربية
تليفون: ‎+٢٠٢ ٢٢٧٢٧٤٣١ **فاكس:** ‎+٢٠٢ ٢٢٧٠٦٣٥١
البريد الإليكتروني: kalematarabia@kalematarabia.com
الموقع الإليكتروني: http://www.kalematarabia.com

مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم
البريد الإليكتروني: tarjem@mbrfoundation.ae
الموقع الإليكتروني: www.mbrfoundation.ae

فيتيرولف، مونتى
روعة الكيمياء / مونتى فيتيرولف وكاثى كوب . - القاهرة : كلمات عربية للترجمة والنشر، ٢٠٠٩
٤٠٨ص، ١٥,٢×٢٢,٨سم
تدمك: ٣ ٢٥ ٦٢٦٣ ٩٧٧ ٩٧٨
١- الكيمياء الحيوية - أصل الحياة
أ- كوب، كاثى (مؤلف مشارك)
ب- العنوان
٥٧٦,٨٣

المحتويات

شكر وعرفان

إننا في غاية الامتنان لزميلنا دكتور جاك جي. جولد سميث لمراجعته الشاملة واقتراحاته الرائعة. نشكرك بشدة يا جاك لجودك علينا بوقتك، ولمساعدتك إيانا كثيرًا. نوجه شكرنا أيضًا لفرانشيسكا باتارو لقراءتها الجمل الطويلة، وإسدائها النصائح لنا برفق حول كيفية اختصارها، ومساعدتها لأولادنا بينما كان آباؤهم منهمكين في العمل. ونتقدم بخالص الشكر إلى دكتور كوب وزوجته لتحليهما بالصبر على قراءة عدد كبير من الأوراق، ولتقديمهما — كما اعتدنا منهما — الملاحظات والاقتراحات التي اتسمت بالمعرفة المستبصرة. ونشكر جودي ديلي على تعليقاتها الممتازة والمتبصرة، كما نشكر ليندا ريجن التي منحتنا كالمعتاد إرشاداتها التي لولاها ما كان هذا الكتاب ليرى النور.

نشكر هيثر أمرمولر، وكريس كرامر وكل فريق الإنتاج بشركة بروميثيوس، ونقول لهم إن مساعدتهم الكريمة والودودة ونصائحهم قد صنعت الفارق بحق.

ونود أن نتقدم بشكر خاص إلى أولادنا ماثيو، وبنجامين، ودانيل فيترولف لاستعدادهم أن يعيشوا في منزل يمتلئ أحيانًا بالروائح المنبعثة من التجارب، وآباء مضطربين ومهتاجين كثيرًا، وأكوام من الأوراق في مكان من المفترض أنه

غرفة معيشة، ونقول لهم إنهم قد ساعدوا في إجراء التجارب وتقديم الأفكار والرسومات والتدخل لحل المعضلات إلى جانب صبرهم الواضح، ونحن نحبكم من أجل كل هذا ومن أجل أشياء أخرى كثيرة.

ونود أن نوجه الشكر لأصدقائنا وزملائنا في مدرسة أيكن الإعدادية، وجامعة ساوث كارولينا أيكن، لتعضيدهم وتشجيعهم. ونعبر عن خالص امتناننا للورا باكون من مدرسة كيندي ميدل سكول لتعريفها إيانا بالأوبليك، ونشكر أيضًا بيث بيكهام لكرمها في تشجيعنا على كل الجهود التي بذلناها. ونود أن نشكر أيضًا العاملين في متجر ترو فاليو هاردوير الموجود في مدينة أيكن الذين وإن لم تتسن لهم معرفة كيفية تقديم المساعدة في عمل كتاب كيمياء، فإننا لم نكن لنستطيع إتمامه لولا العدد الوفير من السلع المتوفرة لديهم إلى جانب استعدادهم الكريم لتلبية كافة مطالبنا الغريبة.

نود أن نشكر طلابنا الذين كانوا متفتحين لمناقشة الكثير من المسائل، ونشكر جوان مورتون وليندا ميوز لكونهما أفضل الشركاء والأصدقاء.

ونحن نهدي هذا العمل — مع خالص حبنا — إلى نيدا جو فيترولف، نموذج القوة والمرح والشجاعة.

هاك الأعمى المتسول يرقص، والأعرج مُنشدًا.
السكير بطل، والمجنون على عرش الملك جالسًا.
الكيميائي المتضور جوعًا في آرائه الذهبية.
وهو يبارك بشدة الشاعر وعروسته الشعرية.

ألكسندر بوب في «An Essay on Man» ١٧٣٤

إن رؤية الكوكب عبر تليسكوب تستحق هذا الاتجاه للتفكير في علم الفلك؛ فالصدمة التى تحدثها شرارة كهربائية في الكوح تفوق في قيمتها كل النظريات ومذاق أكسيد النيتروز، ونيران البركان الصناعي، أفضل من مجلدات الكيمياء.

رالف والدو إيمرسون في «مقالات: السلسلة الثانية» ١٨٤٤



لماذا هذا الكتاب؟

نجد كتب الكيمياء عادة في واحدة من فئتين، إما كتب دراسية أو كتب للأطفال وهي تستهدف في جوهرها القارئ العادي، وثمة أعمال رائعة تصدت لهذا العيب، ومن أهم هذه الأعمال كتاب «وصلات الكيمياء: الأسس الكيميائية للظواهر اليومية» Chemistry Connections: The Chemical Basis of Everyday Phenomena تأليف كيري كيه كاروكستيس Kerry K. Karukstis وجيرالد أر. فإن Gerald R. Van، وكتاب «الجني الذي في الزجاجة» The Genie in the Bottle لجو سكواركز Joe Schwarcz.[١] ومع ذلك فقد رأينا أن ندلي بدلونا في هذا المقام مؤمنين بأننا سوف نقدم منهجًا به بعض الاختلاف الطفيف عمّا سبقه من مناهج. ولقد حاولنا أن نكتب الكيمياء بطريقة مبسطة، فهذا الكتاب هو كتاب كيمياء موجه لمن يريد دراسة الكيمياء نظريًّا كي يقرأه بإمعان وهو جالس في منزله مستريحًا، ويضم بين دفتيه أيضًا تجارب عملية مباشرة يمكن تنفيذها في المطبخ أو في المرآب. وما دعانا لكتابة هذا الكتاب هو أنه من نوعية الكتب نفسها التي أحببناها عندما استهللنا دراستنا للكيمياء، وقد كتب كيميائيون هذا الكتاب، لكنه لم يُكتب للكيميائيين خاصة، فقد كُتب للطلاب الذين اعتدنا أن نكونهم وللدارس الموجود داخل

كل منا، ونتمنى أن يتمتع القارئ بالصفحات التالية تمامًا كما تمتعنا نحن بكتابتها.



تصدير

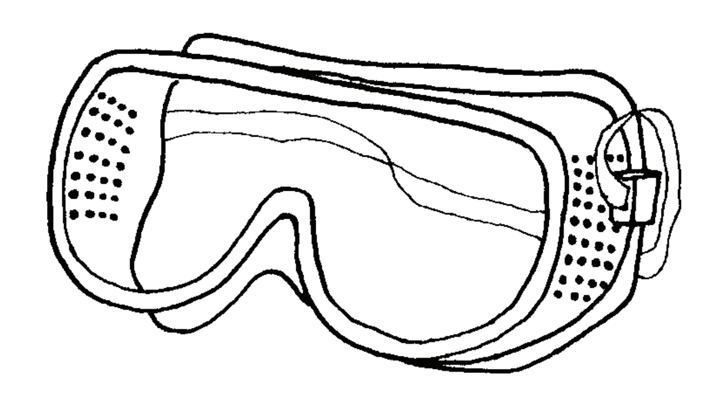
«إنني في مستهل خطواتي لدراسة الكيمياء وهي دراسة غاية في التفرد، لم أر في حياتي شيئًا مثلها من قبل أبدًا، والمواد المستخدمة فيها هي الجزيئات والذرات، وسوف أناقشها بصورة أكثر تحديدًا الشهر القادم.»

الكاتبة جين ويبستر في رواية «صاحب الظل الطويل» ١٩١٢

قد يصعب عند تناول الوضع الحالي للمجتمع الغربي أن نصدق أن الجنس والطهي كانا يومًا ما من المواضيع التي يجري تناولها بحذر بالغ، لكن عندما كتبت إيرما رومبور Irma Rombauer كتابها «روعة الطهي» The Joy of Cooking عام ١٩٣١، وكذا أليكس كومفورت Alex Comfort كتابه «روعة الجنس» The Joy of Sex عام ١٩٧٢، فإنهما بذلك كانا يتناولان مخاوف مجتمعية غاية في الواقعية. ويوضح كتاب إيرما ما يدور في المطبخ، أما كتاب كومفورت فهو يزيل الالتباس بشأن ما يحدث في المخادع، وبالمثل ينظر البعض للكيمياء على أنها أمر مزعج، ومن ثم ربما يكون قد حان الوقت الآن لاكتشاف روعة الكيمياء.

وسوف نكتشف عبر هذه الصفحات السحر المتأصل في الكيمياء؛ من الافتتان بسقوط أوراق الأشجار والألعاب النارية إلى أداء كاشف الدخان وأداء أجهزة الحاسوب، وكذا أساسيات الهضم والاحتراق. ولسوف نوضح هذه المبادئ عن طريق التجارب العملية بأنفسنا باستخدام مواد في متناول الأيدي، ولا يتطلب الأمر ضرورة توافر المعامل والآلات الحاسبة للتمتع بجمال الكيمياء، فالمفاهيم يمكن شرحها في ضوء خبرات الحياة اليومية وباستخدام المواد التي في متناول يديك.

وغالبًا ما يُطلق على الكيمياء العلم المركزي لأنها تقع في لب فهمنا للعالم المادي والحيوي وفي مركز مخاوفنا العامة في كل المجالات بدءًا من الطب ومرورًا بالسياسة ووصولًا للاقتصاد. ومن ثم ينبغي أن ترنّ أصداء مبادئ الكيمياء في مفاهيمنا وخبراتنا. ومن الممكن أن تكون الكيمياء علمًا غاية في الألفة يناجي حدسنا وعقولنا وحسّنا بالمتعة أيضًا، إذا كنا مستعدين أن نترك أنفسنا له بلا قيود، وغرضنا هنا هو أن نتناول ملذات الكيمياء ونكشف القليل عن السيارات والكون وحتى عن الجرائم.



كلمات قليلة وضرورية بشأن الأمان والسلامة

«فيما كنت أقرأ كتابًا عن الكيمياء استوقفتني عبارة: «تأثيرات حامض النيتريك على النحاس» ... لقد رأيت زجاجة على الطاولة مكتوب عليها حامض النيتريك ... كنت أرغب في أن أضحي بـأحد السنتات النحاسية القليلة التي كانت في جعبتي حينذاك ... تكوَّنت بعض الرغاوي والدخان الأزرق المخضَرّ فوق السنت والطاولة، وقد تلون الهواء القريب مني وقتها باللون الأحمر الداكن، ثم تصاعدت سحابة ملونة كبيرة. ثم التقطت عملتي متعلمًا حقيقةً أخرى هي أن حامض النيتريك لا يؤثر فحسب على النحاس ولكن على أصابعي أيضًا ثم مسحت أصابعي في سراويلي مكتشفًا حقيقةً أخرى هي أن حامض النيتريك يؤثر أيضًا على سراويلي.»

عالم الكيمياء الأمريكي إيرا رامسن في
كتابه «سنواتي المائة الأولى» ١٩٧٠

لقد تأصلت الأسبقية للكتب التي تتحدث عن الكيمياء المنزلية تمام التأصل ولكن يجب علينا بادئ ذي بدئ مناقشة الأمان والسلامة.[١] صحيح أننا جميعًا هنا بالغون وعاقلون ومسئولون، وكذلك كانت الشخصية البطولية صاحبة الاقتباس السابق أيضًا، ومن ثم قد لا تضر بعض الكلمات القليلة والضرورية حول السلامة. يقدم كتاب روعة الطهي نصيحة عن حفظ الأطعمة ويقدم روعة الجنس تحذيرًا من الأمراض، إذن ما الذي يمنع أن يكون للكيمياء تحذيراتها أيضًا؟ فالطهو والكيمياء والجنس يتشاركون بعض المخاطر للأشياء التي لا تحظى بالوقاية والإعداد، لنستعرض الأساسيات:

إذا لم يكن لديك نظارة من نظارات الأمان الواقية، اذهب إلى متجر بيع النظارات الآن واشتر واحدة وارتدها وأنت تؤدي التجارب الموجودة في هذا الكتاب.

اقرأ تحذيرات الأمان المتضمنة في التجارب واتبعها بحذافيرها.

قاوم الإلحاح الذي يحضك على أن تكون مبدعًا، فقد يسبب الخلط العشوائي للكيماويات المنزلية بعض الخمائر ذات الروائح الكريهة جدًّا، فلا تخلط قط النشادر مع مواد التبييض!

ابتعد تمام الابتعاد عن المصادر التي يمكن أن تسبب الاشتعال، وقد تتعجب عندما تعلم أن الهواتف الخلوية وغيرها من الأجهزة الكهربائية من هذه المصادر.

صب المخلفات في المرحاض وليس في حوض المطبخ أو حوض الحمام.

استخدم الحد الأدنى من المقادير، فالفرق بين الضجة المدوية والفرقعة البسيطة هو فرق في المقدار.

اعرف المكان الذي يوجد به أقرب صنبور ومطفأة حريق وهاتف، وهي أشياء ينبغي أن تكون ملمًّا بها على أية حال، فالأغراض المنزلية المستخدمة المعتادة لها كم من المخاطر يدعو للوعي بهذه التحذيرات.

احفظ كل شيء بعيدًا عن متناول الأطفال؛ فهذه الكيمياء موضوعة من أجل البالغين، وأيضًا بعيدًا عن الحيوانات الأليفة بمنزلك.

سوف نوجهك لاستخدام بعض أدوات المطبخ في الكثير من التجارب، لكن هذا لا يعني أن الكيماويات غير سامة. استخدم أدوات بلاستيكية وأطباقًا ورقية بقدر الإمكان (وسوف يقال لك متى تستخدم الأدوات الزجاجية فقط)

وتخلص من الأدوات الورقية والبلاستيكية بعد الاستخدام. حتى الأوراق الورقية الرخيصة الثمن يمكن استخدامها في أكثر من تجربة إذا كانت مصنوعة من طبقة بلاستيكية رقيقة. وإذا كان عليك أن تستخدم أدوات مطبخ زجاجية أو خزفية، اغسلها جيدًا وبمعزل عن باقي أدوات المطبخ الأخرى، قبل أن تعزم على أن تستخدمها مرة أخرى لأغراض الطعام، أو يُحبذ أن تحتفظ بمجموعة منفصلة مخصصة للتجارب الكيميائية. وغالبًا سوف تقوم بمعظم التجارب في البدروم أو المطبخ أو الحمام، لكن عليك أن تحفظ المواد الكيميائية بمنأى عن فرش الأسنان وأدوات الطعام أو الأوعية التي تتصل بالطعام أو فرش الأسنان، يمكنك أن تغطي أوعيتك بأوراق الجرائد لمزيد من الحماية.

وتختلف أفران الميكروويف عن الأفران العادية لذا عليك أن تتعامل مع أوقات الميكروويف المعطاة لك في التجربة بالتقريب. حاول أن تعرف جيدًا الميكروويف الخاص بك واستخدم القفاز لإزالة الأشياء الساخنة. ويمكن أيضًا للميكروويف أن يسخن الأشياء على نحو غير منتظم؛ لذلك كن مدركًا أن المحلول الذي يجري تسخينه قد يكون عند درجة الغليان دون أن ترى فقاقيع، لذا عندما تكون غير متأكد، انتظر دقيقة بعد فتح الباب واستخدم القفاز، وكالمعتاد كن واثقًا من عدم إدخال أي معادن في الميكروويف مثل الملاعق مع المواد المفترض دخولها فيه. هذه كيمياء وليس طبخًا، لكن هذا لا يغير طبيعة الميكروويف. وأي شرارة ناتجة قد تكون مثيرة ولكنها خطيرة ويمكن أن تدمر الميكروويف بسهولة.

وقد اختيرت الإجراءات الكيميائية المقدمة هنا بعناية لتمنحك أكبر قدر من المتعة وتجنبك أية مخاطر، لكن من فضلك لا تفترض أن هذا واقع كل التفاعلات أو كل التجارب الكيميائية. مرة أخرى أود أن أؤكد على أنه من الأفضل ترك التجريب للكيميائيين المحترفين، والتجارب الأكثر تعقيدًا لهؤلاء المتدربين على التجارب الكيميائية.

ولا تستخدم أيًّا من المواد الكيميائية التي نحن بصددها في عمل لبخة أو لبوس، أو كما هو مفترض، أو في أي شيء آخر اعتاد الناس أن يفعلوه في الماضي أو في الحاضر. ولا تأكل أيًّا من المواد الكيميائية المستخدمة في هذه التجارب أو تشربها أو تستحم بها أو تضعها على عينيك تحت أي ظرف من الظروف. ولا تعرضها للهب أو لأي شرار (إلا إذا كان هذا جزءًا من التجربة). احم

ملابسك أو ارتد ملابس قديمة. احم يديك عن طريق ارتداء قفاز من المطاط عند الإمساك بالمواد الكيميائية وارتداء القفازات التي تستعمل في الحدائق عند الإمساك بالصوف الفولاذي. عامل جميع الكيماويات المذكورة في هذا الكتاب كما تعامل مبيضات الغسيل والبنزين والمبيدات الحشرية والأشياء الأخرى التي تعرف أنها خطيرة.

أو بكلمات أخرى، اتبع نفس التحذيرات المذكورة في أية مجموعة كيمياء موضوعة للأطفال خاصة. يجب عليك أن تشتري مثل هذه المجموعة الكيميائية، وقد تقول إنها من أجل أولادك، أو يمكن لك شراؤها عبر البريد الإلكتروني. وتحوي العبوة الكيميائية نظارات الأمان الواقية التي تحتاجها والقليل من المواد الكيميائية مع شرح للقليل من التجارب. وهي لا تخوض في شرحٍ عميق، وهو ما نقدمه نحن هنا ولكنها قد تكون مسلية وقد توفر عليك بعض الرحلات إلى متجر بيع الأدوات.



قائمة المشتريات والمحاليل

قائمة المشتريات

تُدرج هنا قائمة بالمكونات التي سوف تُستخدم في التجارب، ويمكن شراء معظمها من متجر بيع الأدوات أو من السوبر ماركت أو إذا لم تجدها في بلدك فيمكنك شراؤها عبر الإنترنت:

- شريط لاصق
- حجر الشبة (يتوافر بقسم التوابل في السوبر ماركت)
- رقائق الألمنيوم
- سلك الألمنيوم (يتوافر في متجر بيع الأدوات المعدنية)
- النشادر (تتوافر في قسم الأدوات المنزلية أو المنظفات)
- أقراص مسكنة لآلام المعدة، ومجموعة من الفوارات
- محلول مُخفض لقلوية ماء حوض السمك يحوي حامض الكبريتيك، وقد يحوي الماء أيضًا باعتبارهما مكونيه الأساسيين (على الأقل ثلاث زجاجات سعة كل منها سبعة وثلاثون مليلترًا)

- عبوة اختبار قلوية ماء حوض السمك (ويُذكر الماء العذب في قائمة المشتريات باسم بروموثيمول الأزرق)
- أسبرين
- بيكربونات الصودا (وليس بيكينج بودر)
- بالونات
- قضيب مغناطيسي (صغير)
- حقنة شرجية
- مصباح ضوء أسود (ضوء غير مرئي) ومثبت
- مادة تبييض (في قسم الأدوات المنزلية)
- شموع
- زيت الكانولا
- طباشير
- حامض الستريك (ويُباع كملح حامض في محل تذوق الأطعمة أو يمكن شراؤه عبر الإنترنت)
- كربونات الصودا النقية (غالبًا ما تنجح صودا الليمون في أداء الغرض)
- مشابك غسيل (من البلاستيك أو الخشب)
- علاّقة ملابس (من المعدن أو البلاستيك)
- مغسلة غاز نحاسية وهي شبكة من النحاس (ويمكن أن تتوافر في متجر الأدوات المعدنية أو السوبر ماركت)
- سلك نحاسي يبلغ طوله قدمين على الأقل (٦٠ سم) ويُفضل أن يكون غير معزول، ولكن يمكن استخدام المعزول أيضًا
- فلين مطاط أو طبيعي، يستخدم كسدادة زجاجة صودا بلاستيكية سعتها عشرون أوقية (٥٩٠ ملي)
- دقيق ذرة
- ضرب من الجبن الأبيض (يُشترى حسب الحاجة)
- زبدة الطّرطير (تتوافر عادةً في قسم المخبوزات أو مع التوابل في السوبر ماركت)

- بطارية خلايا دي D وحامل بطارية (ولا يُشترط وجود الحامل)
- قطارة ذات انتفاخ انضغاطي
- مزيل لطلاء الأظافر (نوع يحوي مادة الأسيتون)
- قفازات مرنة (النوع المستخدم لحماية الأيدي أثناء غسل الأواني أو عند استخدام المنظفات المنزلية مقبول، لكنه لا يتناسب مع الأيدي فعادة لا يأخذ شكل اليد، لذا يُفضل القفازات الطبية وهي تتوافر في الصيدليات)
- ألوان طعام (يُفضل القطرات السائلة وليست الجل القابل للعصر)
- مسامير مطلية بالخارصين (تتوافر في متجر الأدوات)
- القفازات التي تستخدم في الحديقة (المصنوعة من الأقمشة السميكة أو الجلد)
- وسيلة هضم مقللة للغازات (النوع الذي يُتناول قبل الواجبات لتقليل غازات الأمعاء)
- جلسرين (ويُسمى أيضًا جليسرول من الصيدلية)
- فوق أكسيد الهيدروجين
- أعواد ثقاب
- ليمون
- زهرة سائلة
- اللي وهو محلول يستخدم في صناعة الصابون (عادة ما يُباع كمنظف مُجفف لكن لا تشتر النوع الذي يحوي فلز الألمنيوم)
- شريط لاصق عريض وقلم توضيح ثابت
- ملعقتين معدنيتين (يمكن الاستغناء عنهما بعد الاستعمال)
- لبن كامل الدسم (غير مقشود أو بنسبة ٢٪، والشراء حسب الحاجة)
- زيت معدني
- موتزارلا (أصلية ومقلدة، والشراء حسب الحاجة)
- مشبك ورق معدني
- أطباق ورقية مطلية
- ورق حمام

- المزيد من ورق الحمام
- أكياس بلاستيكية (ذات أطراف لاصقة، أحجام كبيرة وصغيرة)
- أكواب بلاستيكية (شفافة ويمكن الاستغناء عنها بعد الاستعمال)
- قمع بلاستيكي
- زجاجات صودا بلاستيكية (شفافة وسعتها عشرين أوقية سائلة (٥٩٠ مليلترًا)، أحضر على الأقل عشرة زجاجات)
- زجاجات صودا بلاستيكية (سعتها ٦٧٫٦ أونس (٢ لتر))
- ملاعق بلاستيكية
- رقائق لف بلاستيكية
- كرنب أحمر (يمكن تقطيعه وتجميده إلى الدرجة المراد الوصول إليها)
- كحول الأيزوبروبيل
- نظارة أمان (ويمكن شراؤها من مركز علمي أو تعليمي أو من متجر الخردوات)
- ملح صخري ويُسمى أيضًا نترات الصوديوم (يمكن شراؤه من السوبر ماركت أو من محل متخصص)
- برطمانات بلاستيكية بأغطيتها (ويمكن أن يُغني عنها زجاجات المياه التي سعتها نصف باينت (يعادل نصف لتر تقريبًا))
- أوعية بلاستيكية شفافة صغيرة لاستخدامها كأنابيب اختبار أو استخدم أنابيب اختبار فعلية (يمكن شراؤها من مركز علمي أو تعليمي)
- أكواب عصير صغيرة (ثلاثة أو أربعة)
- قطعة إسفنج (طبيعية أو صناعية)
- مسامير صلب
- صوف فولاذي (درجة ناعمة)
- ماصات
- غراء ممتاز (النوع الذي يحوي سيانواكريلات)
- عبوة اختبار قلوية ماء حمام السباحة (وينبغي أن تقول في قائمة المكونات «فينول أحمر»)

- ملح طعام
- سكر
- أكواب شرب طويلة (ثلاثة أو أربعة)
- أكياس شاي داكن
- ترمومتر يتدرج حتى ٢٢٠ درجة فهرنهايتي على الأقل (١٠٥ سيلزية) (يمكن استخدام ترمومترات اللحوم)
- نسبة ضئيلة من صبغة اليود
- خل
- فولتميتر (قادر على قياس جهد التيار المستمر في المجال من ١ إلى ٣ فولت)
- لبن كامل الدسم
- أعواد ثقاب خشبية

المحاليل

١- كبريتات النحاس

تحذير: يتصاعد بعض الدخان أثناء إعداد هذا المحلول لذا يمكنك أن تعمل في مكان مفتوح كما لو كنت تعد مادة مذيبة أو ورنيش أو مادة مخففة للدهان، والدخان الذي يتصاعد هو لمركبات النيتروجين والأوكسجين مثل تلك الموجودة في الضباب.

أ- ارتد نظارة الأمان الواقية. إذا كان لديك شبكة سلك نحاسية من تلك التي تستخدم في تنظيف الأوعية المنزلية فاستخدمها بدلًا من سلك النحاس، أما إذا لم يكن لديك، أزل الطبقة العازلة من على عشرة بوصات (٣٠ سم) من سلك النحاس إذا كان معزولًا (أما إذا كان غير معزول فاستعمله كما هو) ولفه بحيث يكون مسطحًا في قاع الكوب البلاستيك الذي يمكن أن يسع على الأقل كوبين (سعة كل منهما ٥٠٠ مليلتر) من السائل. إذا كنت ستقطع السلك النحاسي لكي تزيل العزل منه، فإن الأمر سيكون مناسبًا فالسلك يمكن أن يكون في شكل قطع صغيرة بحيث يكون مجموع أطوالها يقترب من العشرة بوصات (٣٠

سنتيمتر). إذا استخدمت شبكة سلك نحاسية من تلك التي تستخدم في تنظيف الأوعية المنزلية، فضع شبكة السلك في قاع الكوب الذي يمكن أن يكون مصنوعًا من البلاستيك الشفاف أو من الزجاج الشفاف، ولكن مهما كانت مادة صنع الكوب فإنه لا يجب أن يعاد استخدامه للشرب.

ب- أضف ثلث كوب (٨٠ مليلترًا) من محلول مخفض قلوية ماء حوض السمك حتى تغطي سطح النحاس أو أقل قليلًا، وهذا المحلول حامضي لذا يجب عليك أن ترتدي قفازًا، وكن حذرًا في كل الأحوال ولا تدعه يلمس يديك أو ملابسك، وإذا لمس يديك فاغسلهما جيدًا بالماء.

ج- أضف نحو أربع ملاعق شاي بلاستيكية (ما يقرب من ٨ جرامات) من بلورات الملح الصخري (نترات الصوديوم)، ثم قلبه ليذوب، غط الكوب بغطاء بلاستيك غير محكم وضعه جانبًا. ينبغي أن يكون المحلول جاهزًا في خلال ما يقرب من اثنتي عشرة ساعة. سيكون التفاعل بطيئًا، ومع ذلك فيمكنك أن تلحظ حدوثه في انسياب الفقاقيع الصغيرة المتدفقة من سطح النحاس. إذا سارت الأمور على ما يرام، يكون لون المحلول شديد الزرقة، ويترسب النحاس وبلورات من نترات الصوديوم في قاع الكوب.

د- صب السائل الأزرق عبر القمع البلاستيكي في زجاجة بلاستيكية لها غطاء، وراع ألا تصب معها المترسب من البلورات والنحاس. اترك المترسب من البلورات والنحاس في الكوب. وقد تكون في حاجة لاستخدام القفاز لأن المحلول لا يزال حامضيًّا وأنت تريد أن تتجنب وصوله إلى يدك، وإذا جاء على يدك، فاغسلها جيدًا بالماء.

هـ- غط الزجاجة وضع عليها بطاقة لتكتب عليها التاريخ واسمك وعبارة «كبريتات النحاس في حامض الكبريتيك» ثم أضف هذا التحذير على الزجاجة: «احذر: مادة آكلة». احفظ المحلول في درجة حرارة الغرفة في مكان آمن بعيدًا عن متناول الأطفال والحيوانات الأليفة.

و- لا تتخلص من أي نحاس أو بلورات غير ذائبة في قاع الكوب، ومن ثم عندما تحتاج لمزيد من محلول النحاس، يمكنك ببساطة أن تعيد ملء الكأس بالمكونات من جديد.

ر- غط الكأس بغلاف بلاستيكي وضع عليه بطاقة تسمية ثم غلّفه وضعه في مكان آمن بعيدًا عن متناول الأطفال والحيوانات الأليفة.

٢- خلات الحديد

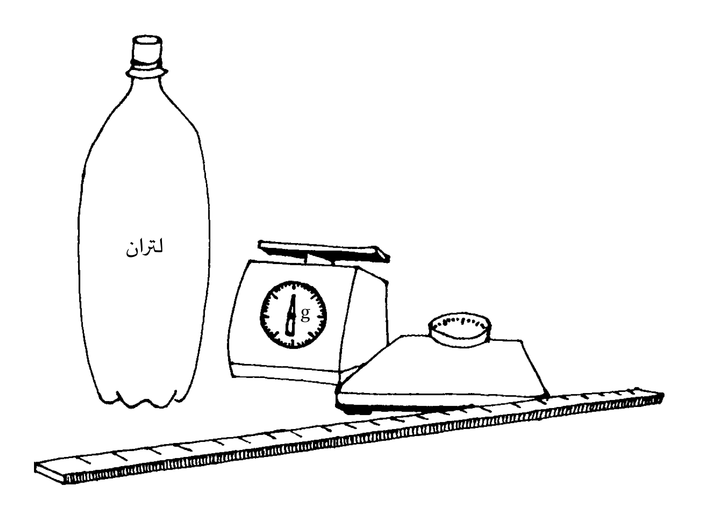
أ- ارتد نظارة الأمان الواقية. صب كوبين من الخل في كوب شفاف (يمكن أن يكون كوبًا بلاستيكيًّا لكن ليس بالضرورة). ارتد القفازات المستخدمة في أعمال الحدائق (لا بد من ارتدائها). انزع نحو بوصة مكعبة من الصوف الفولاذي الناعم، وهو ما يعادل تقريبًا (٢٠ مليلترًا) ضع الصوف في الخل ثم غط الكوب بغطاء بلاستيكي. اكتب على الكوب خلات الحديد واسمك وتاريخ اليوم. يكون المحلول قيد الاستخدام في اليوم التالي. احفظ المحلول والصوف بداخله لأنه سوف يُستخدم في تجربتين.

ب- احفظه في درجة حرارة الغرفة في مكان آمن بعيدًا عن متناول الأطفال والحيوانات الأليفة.

٣- دليل الكرنب الأحمر

أ- ابشر ما يقرب من نصف كوب من الكرنب الأحمر (١٢٠مليلتر)، ثم ضعها في علبة السندوتشات مع نصف كوب من الماء (١٢٠ مليلتر). سخنهم في الميكروويف لما يقرب من ٣٠ ثانية. ينبغي أن تكون العلبة ومحتوياتها ساخنة للغاية، لكن ليست لدرجة الغليان أو بالقرب منها. بعد التسخين ينبغي أن يأخذ الماء اللون الأرجواني الخفيف بسبب الكرنب، ومع العصر اليدوي الخفيف يمكن أن تزداد حمرته.

ب- تشتد الرائحة المنبعثة من المحلول الناتج وتستمر في التأجج. ولتجنب الروائح الكريهة الزائدة يمكن عمل القليل منه عند الحاجة فقط، أو تجميده إذا كان هناك متسع من الوقت، أو يمكن عمله من البرقوق الأحمر الداكن إن وُجِد. لكن الكيمياء يمكن أن تكون عملًا ذا رائحة كريهة!



نظرة على وحدات القياس

يُفضل في القياس العلمي استخدام الوحدات المترية (الجرام والسنتيمتر والمليلتر)، المقابلة للوحدات التقليدية (الأوقية والبوصة والكوب) المستخدمة في الولايات المتحدة. ومع الجهود المحمومة التي تجري في الولايات المتحدة للاتجاه نحو استخدام الوحدات المترية في المعاملات اليومية، فإن معظم الناس في الولايات المتحدة لا يزالون يستخدمون الوحدات التقليدية في الأغراض العامة. وسوف نستخدم على طول رحلتنا في هذا الكتاب الوحدات التقليدية يعقبها المقابل لها من الوحدات المترية بالتقريب بين قوسين. ولا شك أن الوحدات المترية هي مألوفة للكثيرين، إلا أنها في الوقت عينه مجهولة للكثيرين أيضًا، لذا سنقدم هنا مجموعة من المقارنات: خذ بعين الاعتبار أن السنتيمتر يعادل تقريبًا عرض مشبك أوراق صغير، والبنس يزن نحو جرامين، والمتر أطول قليلًا من الياردة، والمليلتر (مقارب تمامًا) ربع ملعقة شاي. وضع أيضًا في اعتبارك أن الأوقية تستخدم لقياس الكتلة، في حين تُستخدم الأوقية السائل لقياس الحجم، مما يذكرنا بتعقيد وحدات القياس الأمريكية، من ثم إذا كانت الوحدات المترية لا تزال غير مألوفة لديك، لا تقلق، فأي شخص تمكن من وحدات القياس الأمريكية بصعوبتها لن يكون لديه أية مشكلة مع الوحدات المترية.

لذلك نقدم فيما يلي بعض التحويلات الهامة التقريبية لوحدات القياس التقليدية الأمريكية والقياس المتري، وسنقدم أيضًا في غضون التجارب وحدات القياس المترية التقريبية المقابلة لتلك الأمريكية.

البوصة	٢,٥ سنتيمتر
الرطل	٠,٥ كيلو جرام
الكوارت	٠,٩ لتر
الأوقية	٢٨,٤ جرام
ملعقة الطعام	١٥ مليلتر
ملعقة الشاي	٥ مليلتر
الكوب	٢٣٦,٧ مليلتر
الأوقية السائلة	٢٩,٥ مليلتر

وسنتجنب الاختصارات من أجل الإيضاح ولكن سنعرض لكم بعض الاختصارات الشائعة لكي لا يفوتنا شيء:

كوب (ك)	جرام (جم)	لتر (ل)
متر (م)	مليلتر (مل)	أوقية (أق)
رطل (رط)	ملعقة الطعام (ملعقة ط)	ملعقة الشاي (ملعقة ش)

وعادة ما يستخدم العلماء مقياس درجة الحرارة المئوية، لكننا سنورد درجة الحرارة بكلا المقياسين المئوي والفهرنهايتي التقليدي المستخدم في الولايات المتحدة، وسنورد مقارنة لبعض مقاييس درجات الحرارة الشائعة:

	درجة حرارة الغرفة	درجة غليان الماء	درجة تجمد الماء	درجة حرارة الجسم العادية
مقياس فهرنهايت	٦٨°	٢١٢°	٣٢°	٩٨,٦°
مقياس سيليزيوس	٢٠°	١٠٠°	٠°	٣٧°



تجربة تمهيدية:
صاروخ الزجاجة والأوبليك

«كانت وجنتهم تميل إلى الحمرة كما لو كانوا تعرضوا للهب موقد شديد، وكانت أصواتهم تدوي بنبرات مرتفعة، وكانت كلماتهم تتطاير مثل سدادة الشمبانيا المندفعة بحامض الكربونيك.»

جول فيرن في كتابه «حول القمر» ١٨٧٠

لنبدأها بفرقعة بصاروخ الزجاجة:

ارتد نظارتك. اقطع من ورق الحمام قطعة عرضها نحو أربع بوصات وطولها من سبع إلى ثمان بوصات. خذ ملء ملعقة مستديرة من بيكربونات الصودا (ما يعادل ملعقتي شاي أو ١٠ مليلتر) ثم انثرها بطول الورقة من المنتصف، واترك نحو بوصة أو اثنتين من طرف الورقة خاليتين من الصودا. لف بالطول كما لو كنت تلف سيجارة. تأكد أن الصودا لا تلمس أطراف الورقة، وينبغي أن تكون اللفة رفيعة بالقدر الذي يسمح بدخولها حتى آخر زجاجة الصودا البلاستيكية، وبعد أن تلفها مباشرة اثنِ أطرافها حتى لا ينفلت المسحوق من داخلها. وعندما تنتهي ينبغي أن يبدو شكل الورقة كسيجارة أطرافها مثنية.

انزع البطاقة الخارجية لزجاجة الصودا البلاستيكية سعتها عشرون أوقية سائلة (٥٩٠ مليلترًا) واغسلها من الخارج وأزل أي ماء زائد. أحضر سدادة محكمة تناسب فتحة الزجاجة وتأكد من أنها تسد الزجاجة دون الحاجة إلى ضغطها بقوة داخل الزجاجة. لمزيد من التأكد ضع بالون حول السدادة (من الأفضل أن تضع السدادة بداخل البالون). من ثم يكون لديك سدادة مغطاة بطبقة من المطاط وفوهة الزجاجة قد سُدَّت بإحكام شديد.

صب نصف كوب (١٢٠ مليلترًا) من الخل ونصف كوب من الماء في زجاجة ثم رجها جيدًا لتخلطها معًا. يمكنك استخدام زجاجة صودا سعتها لتران إذا ضاعفت كمية الماء والخل. أضف دليل الكرنب الأحمر لذا سيكون المحلول الناتج لونه وردي فاتح. لا تضف أكثر من ملعقة طعام.

اذهب إلى مكان يُفضل أن يكون مفتوحًا حتى لا تحدث مشكلة إذا اندفعت السدادة بقوة هائلة. ضع زجاجة الصودا التي تحوي الخل في المكان الذي اخترته، واسكب منها في الأنبوبة التي تحوي لفة بيكربونات الصودا المثنية ثم أغلق الزجاجة بسرعة وبإحكام. اجعل الزجاجة منتصبة فتندفع السدادة لأعلى في وضع عمودي في الهواء وبعيدًا عن الأطفال والحيوانات والجيران، ثم ابتعد أنت. وينبغي أن يتأخر ذلك لبضع دقائق إلى أن يخترق محلول الخل الورقة، حينها سيكون هناك رغاوٍ كثيرة وفرقعة كبيرة حيث ستندفع السدادة خارجًا. وعندئذ سيتغير لون المحلول في الزجاجة من الوردي إلى الأزرق أو البنفسجي (على حسب كمية بيكربونات الصودا المستخدمة). وإذا بدا لك أن التفاعل أخذ في الخمول بعد دقيقة بدلًا من دفع السدادة لأعلى، يمكنك عندئذ أن ترج الزجاجة أو أن تضغط على السدادة من أسفل لتزحزها قليلًا، فربما تكون قد انحشرت عند الفتحة، وقد يأخذ منك الأمر عدة محاولات قليلة لتجريه بطريقة صحيحة، لكن الأمر يستحق ذلك العناء.

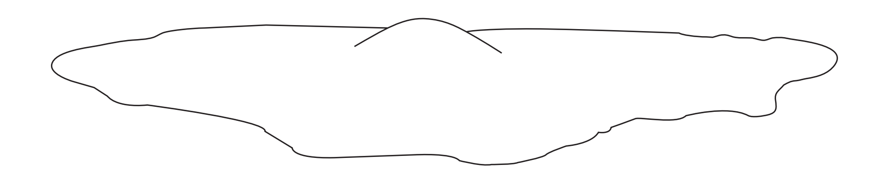
والتفاعل الذي يدفع السدادة هو:

بيكربونات الصودا + خل ⟵ ثاني أكسيد الكربون + ماء

ولأن ثاني أكسيد الكربون غاز، فهو يميل لأن يشغل حيزًا أكبر من المحلول. ويمتلك الغاز المتمدد القوة الكافية لدفع السدادة من فوهة الزجاجة.

ويعد تصاعد الغاز مؤشرًا جيدًا لحدوث تفاعل كيميائي وكذا تغير اللون الذي يعتبر أيضًا مؤشرًا على حدوث التفاعل الكيميائي، إلا أنه في هذه الحالة، حدث التفاعل الكيميائي بدون دليل الكرنب الأحمر وبدون حدوث تغيير في اللون. وقد أُضيف دليل الكرنب الأحمر ليوضح أن التفاعل هو تفاعل حامضي قاعدي، وهو أمر سوف نناقشه فيما بعد.

ويعتبر الملمح الأساسي في أي تفاعل كيميائي هو أنك تبدأ التفاعل باستخدام مادة واحدة أو عدة مواد (والمواد التي بدأت بها هذا التفاعل هي سائل وردي حامض ومادة ملحية صلبة) فتحصل في نهاية التفاعل على نوع آخر من المواد (فبنهاية التفاعل ستحصل على سائل مائي بنفسجي اللون وغاز). وثمة دلائل أخرى على حدوث التفاعل الكيميائي مثل تغير درجة الحرارة، وانبعاث ضوء أو تُكَوِّن مادة صلبة تترسب من المحلول، وفي التجارب التالية سوف نشاهد كل هذا وأكثر. ولكن لنفهم الطريقة التي تسير بها الأمور نحتاج إلى معرفة بعض الأسس في التركيب الأساسي لهذه للمادة، وهذا ما سنبدأ به، لكن لنشرح هذا بعد تجربة واحدة أخرى، وهي تجربة «الضجيج من الأوبليك»:



ضع كوبًا (٢٤٠ مليلتر) من دقيق الذرة النشوي في وعاء صغير وأضف ثلث كوب ماء (٨٠ مليلتر). قلب باستخدام ملعقة معدنية (فالملعقة البلاستيكية قد تنكسر). سريعًا ما يصبح الخليط كثيفًا وصعب التقليب، لكن استمر في التقليب. وتتوقف كمية دقيق الذرة والماء المطلوبة بالضبط على نوع دقيق الذرة، لذا قد تحتاج لإضافة القليل من الماء أو من الذرة أيضًا، فأنت تحتاج أن تصل إلى عجينة لها تماسك الأسمنت المبلل أو عجينة خبز الذرة أو أجف قليلًا. ويساعد التقليب السريع للخليط في عملية الخلط، وعندما تنتهي تكون قد حصلت على ما يسميه مدرسو العلوم بالأوبليك، نسبة إلى كتاب دكتور سيوس Dr. Seuss «بارثولومو والأوبليك» Bartholomew and the Oobleck.[١]

حاول أن تضرب الأوبليك بقوة بالملعقة، ثم حاول أن تلتقطه بيديك. ستجد أنه يبدو صلبًا عندما تلتقطه وتضغط عليه ولكن إذا وضعته في كفك فسيبدو ذائبًا مثل الطين ويمكن أن ينصهر من بين أصابعك. وهذا هو قوام الأوبليك، فهو ليس صلبًا تمامًا أو سائلًا تمامًا، لأن دقيق الذرة يحبس الماء، مثل الإسفنج، لكن تركيب النشا أقل صلابة لذا يمكنها أن تتدفق مع الماء المخلوط معها.

حاول أن تكور بيديك قطعة صغيرة من الأوبليك وتقذفها على الأرض. ينبغي أن ترتد قليلًا ثم تضرب الأرض محدثة ضجيجًا وبقعة مثل الطين. حاول أن تقطع الأوبليك بسكينة، فستجد أنها مثل الجبن شيئًا ما، إذ تميل إلى الصلابة عنها إلى السيولة. حاول أن تشد الأوبليك بسرعة ثم ببطء. عندما ينفصل الأوبليك بسرعة فإنه يكون أشبه بالقوام الصلب، وعندما يُشد ببطء يكون أشبه بالقوام السائل.

ومع أن خواص الأوبليك تبدو مختلفة عن خواص دقيق الذرة النشوي والماء الذي يتكون منهما، فإن تكوين مركب الأوبليك لا يعتبر تفاعلًا كيميائيًّا، فهو مجرد تغيير فيزيائي، فقد احتجز دقيق الذرة الماء، ويمكن لك إزالة الماء منه بواسطة عملية بسيطة وهي أن تدعه يجف (وقد يستغرق هذا بضع ساعات). لقد تغيرت الخواص الفيزيائية لكل من دقيق الذرة والماء لكن الخواص الكيميائية لا تزال كما هي دون تغيير.

ويشبه تغيير الخواص الفيزيائية تغيير المظهر الخارجي للإنسان، فتستطيع أن تحلق شعرك أو تغير ملابسك لكنك في الأساس الشخص عينه الذي كان موجودًا من الأول. ويمكن لك أن تُبطل هذا التغيير بأن تدع شعرك ينمو مرة أخرى أو ترتدي ملابسك السابقة مرة ثانية. وبالمثل يحدث التغيير الفيزيائي لمادة مثل الماء عن طريق غليها أو تجميدها أو تقسيمها إلى أكواب منفصلة. في حين أن التغيير الكيميائي هو تغير جوهري فالمادة تتحول إلى مادة أخرى، ويُفضي التغيير الكيميائي إلى مادة جديدة لها خواص فيزيائية وكيميائية جديدة. تمثل تجربة صاروخ الزجاجة عملية تغيير كيميائي لأن الخل وبيكربونات الصودا قد تحولا إلى مواد جديدة وهي ثاني أكسيد الكربون والماء، ولن تعيد أي درجة من التجفيف بيكربونات الصودا.

ولأن معظم التغيرات الكيميائية يصاحبها أيضًا تغييرات فيزيائية، سوف نناقش كليهما، لكن تركيزنا سينصب على التغييرات الكيميائية، فكوننا كيميائيين يجعلنا بالطبع نحب حدوث ضجيج ولكن ما من شيء يضاهي حدوث الفرقعة!



مقدمة

إنها تبدأ بفرقعة ... وضجيج

«إنها الكيمياء يا أخي الكيمياء! ما من شيء يمكن أن نفعله حيالها، عليك أن تفسح الطريق للكيمياء.»

الروائي الروسي فيودور ديستوفسكي
«الإخوة كارمازوف» ١٨٨٠

«عليّ أن أذهب إلى المعمل وأمعن النظر في بعض المواد من أحماض وأملاح وقلويات. لقد أحدث حامض الهيدروكلوريك ثقبًا كبيرًا بحجم الطبق في معطف المعمل من الأمام. إذا نجحت هذه النظرية فسأكون قادرًا على معالجة هذا الثقب بالنشادر القوي، أليس كذلك؟»

جين ويبستر في رواية «صاحب الظل الطويل» ١٩١٢

بدأنا بهذين الاقتباسين لأنهما يعرضان ملاحظتين في غاية الأهمية: أولهما أنه إذا حكمنا على الأمور بعدد مراجع الكيمياء في الأدب الغربي في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين، يتضح أن الثقافة الكيميائية كانت شائعة. فقد أظهر الكثيرون من المؤلفين الأوائل في الفترة من آرثر كونان دويل، وحتى إميلي ديكنسون Emily Dickinson — معرفة وثيقة بمبادئ الكيمياء وافترضوا وجود هذه المعرفة لدى قرائهم أيضًا. وللأسف، يتضاءل تكرار مثل هذه التلميحات للكيمياء في الأدب المعاصر، الذي ربما يُعزى لنقص الثقافة الكيميائية سواء من جانب المؤلفين أو من جانب القراء، ونحن نرى أن هذا الوضع يمكن تحسينه عن طريق إتاحة المزيد من الكيمياء حتى يتثنى للجميع الوصول إلى المعلومات الكيميائية وهو الهدف من وراء كتابة هذا الكتاب.

ويوضح هذان الاقتباسان أيضًا انجذاب بعض الناس — في الماضي والحاضر — دون غيرهم إلى الكيمياء. لماذا هذا الاختلاف؟ أثمة تنوع في خلايا المخ؟ أثمة جين كيميائي غير مكتشفٍ بعد؟ ربما، لكن في الغالب لا وجود لمثل هذه الأمور، ولعلنا نجد تعليلًا أوضح في السير الذاتية المختصرة الآتية للفائزين بجائزة نوبل في الكيمياء الذين شغفوا بها أشد الشغف:

لينوس بولينج Linus Pauling (١٩٠١–١٩٩٤) هو ابن لصيدلي من ولاية أوريجون الأمريكية وقد شارك أحد أصدقائه في استعمال مجموعة أدوات كيميائية عندما كان في الرابعة عشرة من عمره.[٢]

ماريو مولينا Mario Molina (١٩٤٣–) الذي تملكه القلق بشأن كيمياء الغلاف الجوي وقد حمله عمله لأن يجوب الكرة الأرضية، وقد ساعدته عمته على أن يقيم معملًا في الحمام في بيت طفولته في مكسيكوسيتي.[٣]

دوروسي هودجكين Dorothy Hodgkin (١٩١٠–١٩٩٤) كيميائية بريطانية لأب عالم آثار وأم عالمة نبات. قامت بإنماء البلورات وهي في العاشرة مستخدمة مجموعة أدوات الاختبار الكيميائي للتربة.[٤]

واستخدم العالم الأمريكي روبرت كارل Robert Curl (١٩٣٣–) المولود في ولاية تكساس وهو صغير، المواد الكيميائية في العبوة الكيميائية التي أهداها إياه والداه في الكريسماس، وبعد أن استنفذها نجح في العثور على صيدلي متعاطف معه ليعيد إمداده بالمواد، وقد أعاد والداه النظر في

جدوى هذه الهدية حينما لاحظوا أنه يقوم بتغيير الغطاء المصنوع من الخزف الصيني الذي يزين موقد والدته مع كل مخزون جديد من المواد الكيميائية.[٥]

وليس هناك جينات مشتركة بين هؤلاء، لكن ربما يكون هناك بعض الخصال الأخرى المشتركة بينهم. وقد يبدو للمرء أن هؤلاء الكيميائيين (كالكثيرين غيرهم) قد اتخذوا الكيمياء وسيلة للتسلية في المقام الأول. أيعني هذا أنه لكي تقدر الكيمياء حق قدرها وأنت بالغ، كان يجب عليك أن تختار والدين يهديانك مجموعة كيمياء وأنت صغير؟ لا. لم يفت الأوان بعد لتتمتع بروعة الكيمياء. لقد اتسم كل من ذكرناهم من الحاصلين على جائزة نوبل في الكيمياء وهم صغار بفضول عظيم، وإذا التقطت هذا الكتاب ستتمتع أنت أيضًا بهذا الفضول، وأملنا هو أن تشبع هذا الفضول. ونحن نفخر أن نقدم لك في هذا الكتاب مجموعة كيميائية متكاملة واقعية للكبار مع التجارب، لكن الفارق الكبير بين منهجنا ومنهج معظم الكتابات الكيميائية الأخرى هو أن النتائج مشروحة والتجارب متكاملة من أجل توضيح وتفسير علم الكيمياء. وسنقدم وصفًا للنتائج المتوقعة مع كل تجربة بالإضافة إلى شرح المبادئ الموضحة، ومن ثم يتثنى للقارئ أن يختار أن يتمتع بالكتاب دون أن يجري كل الإجراءات المعطاة أو أيها في التجارب، لكنه قد يصعب مقاومة إغراء المشاركة في المرح حيث تسمع أصوات الفرقعة والأصوات المدوية الأخرى.

وقد يفهم ضمنيًّا أيضًا من السير الذاتية المختصرة السابقة أن الكيميائي الناجح ينبغي أن يكون لديه، وهو طفل، مرشد أو رفيق يناقش معه فنون الكيمياء. أيعني هذا أنه ينبغي أن يكون لديك مجموعة حوار لتقدر مبادئ الكيمياء؟ ليست بالضرورة؛ فقد قدمنا ضربًا من الصحبة العملية في قسم «**على سبيل المثال**» الذي يقدم مقالات لمواضيع وثيقة الصلة للنظرية الكيميائية التي تُناقش، وقد ألحقنا هذا الجزء لنساعد القارئ على القيام بعمليات ربط بديهية مع مفاهيم الكيمياء وأن يمحو الفكرة القائلة بأن الكيمياء غير موجودة بدرجة ما في خبرات الحياة اليومية.

خذ على سبيل المثال، خبراتنا البسيطة مع قيادة السيارات؛ ما علاقة الكيمياء بالسيارات؟ كما هو جلي، ثمة الكثير بين الكيمياء والسيارات.



مثال تقديمي: الكيمياء والسيارات

سنقدم طوال هذا الكتاب الكيمياء في مواقف متنوعة من أساليب الطهي وحتى طرق الكشف عن الجرائم، وسيجول بنا أول مثال في قسم الأمثلة، على سبيل المثال، جولة سريعة في موضوعات عدة سيجري تناولها في هذه الصفحات وتوضيحها باستخدام صورة للتكنولوجيا الحديثة، وهذه الصورة هي السيارة!

يتكون كتاب «روعة الكيمياء» من جزئيين: يعرض أولهما المبادئ الأساسية للكيمياء، في حين يدرس ثانيهما بعض المجالات المتخصصة في الكيمياء التي تُطبق فيها هذه المبادئ. ويقدم الفصل الأول والثاني من الجزء الأول التركيب الذري، بصحبة أفضل صديق للكيميائي وهو الجدول الدوري. ويحدد التركيب الذري كما يعكسه الجدول الدوري تركيب المركبات الكيميائية، مثل تلك التي تشترك في تكوين هيكل وطاقة محرك الاحتراق الداخلي الذي يعتمد على البنزين. ويتماثل نوع التفاعل المسئول عن تشغيل هذا المحرك مع نوع التفاعل الذي يوفر المعدن الذي يدخل في تركيبه — تفاعلات الأكسدة والاختزال — التي سوف نتناولها في الفصل الثالث. وسنشرح الارتباط بين الكيمياء وعوادم السيارة في الفصل الرابع الذي يمعن النظر في كيمياء الأحماض والقواعد. وسنختبر الكيمياء التي تسد مبرد السيارة (رادياتير السيارة) في الفصل الخامس لدى شرح تفاعلات الإزاحة. أما خواص العديد من المواد التي تتكون منها السيارة ما هي إلا نتيجة للروابط الكيميائية التي سوف نناقشها في الفصل السادس. ويدور الفصل السابع حول التحكم في التفاعلات الكيميائية المختلفة التي تحدث داخل السيارة والتي تحكمها مبادئ التفاعلات الكيميائية، وكذلك التنبؤ بنتائج هذه التفاعلات. وفي الفصل الثامن سنشرح خواص شحوم التزييت المستخدمة

في السيارات في ضوء القوى البينجزيئية. ويدور الفصل التاسع حول تركيز المخاليط التي تعنى بأنظمة مثل المخنقة والمبرد وحتى البطارية. أما في الفصل العاشر والحادي عشر فنتناول التفاعل الاحتراقي الذي يحول الجازولين إلى غاز، وخواص الغاز الذي يدفع المكبس حيث نصف مرحلة الحالة الغازية للمادة والتفاعلات الخاصة بهذه المرحلة.ويتناول الفصل الثاني عشر وصف الحالة الصلبة للمادة وكيمياء السطح ويدخل في نطاقه الصابون والمركبات الخافضة للتوتر السطحي والمستخدمة في عمليات غسيل وتشميع السيارات. ويغوص الفصل الثالث عشر، الذي يدور حول موضوع الديناميكا الحرارية، في المبردات التي تديرها السيارات. ويتركز موضوع الفصل الرابع عشر حول كل المعادن، إذ يبحث في التغييرات المرحلية للمواد النقية وللمخاليط. وبعد قراءة الفصل الخامس عشر حيث يُناقش التوازن الكيميائي، سيكون القارئ أكثر قدرة على استيعاب سبب تحول كل الجازولين إلى غاز. ويمكن تطبيق الخواص المترابطة للمحاليل الموضحة في الفصل السادس عشر على إذابة الجليد المتراكم على الطرق واستخدام موانع التجمد في مبردات السيارات. ويرتبط علم الحركة الكيميائي بطقطقة المحرك والمحولات التحفيزية وهذا ما سنتناوله في الفصل السابع عشر. وتُلقي مناقشة الكيمياء الضوئية والكيمياء الكهربية الضوء في الفصل الثامن عشر على طلاء السيارات ثم الطلاء بالكروم في المرحلة الأخيرة من الطلاء.

وسوف نلقي نظرة في الجزء الثاني من الكتاب على المجالات المتخصصة في الكيمياء، وسوف نرى أيضًا أن هذا المجال وثيق الصلة بالحياة اليومية وبالقيادة اليومية للسيارات. ويتحدث الفصل الأول من الجزء الثاني عن الكيمياء العضوية التي عن طريقها يجري تحويل المزيج الغني بالبترول إلى بلاستيك وبوليمرات بحيث يمكن أن تستخدم في التجهيزات الداخلية للسيارات إلى جانب صناعة العدد والخراطيم والإطارات. وتواجه الكيمياء العضوية اليوم تحديًا من نوع جديد يتمثل في تطوير المواد المتماثلة من مواد خام جديدة سواء كانت هذه المواد كتلًا حيوية أو مواد أُعيد معالجتها؛ مما يعد تحديًا مثيرًا وشيقًا لعلماء الكيمياء المبدعين. وكما سنرى في الفصل الثاني من الجزء الثاني فإن علماء الكيمياء غير العضوية لديهم عدد كبير من المواد في الجدول الدوري ليختاروا من بينها، وهم في ذلك يواجهون تحديات عظيمة. وسيفضي

أخذ أعمالهم بعين الاعتبار بنا إلى مناقشة عن الفوائد التي يمكن أن نجنيها من خلايا الوقود في المستقبل، وكيفية عمل منظفات مبرد السيارة في الوقت الحالي.

وتتناول اهتمامات علماء الكيمياء الحيوية، كما هو مسطر في الفصل الثالث من الجزء الثاني، أكثر مكونات السيارة خطرًا وهو من يجلس أمام عجلة القيادة مباشرة ونعني به الإنسان. لكن المخاوف تنتابهم أيضًا بشأن مصادر المواد البديلة التي تُجنى من المحيط الحيوي والتحكم فيها. وندرس في الفصل الرابع من الجزء الثاني جهود الكيميائيين التحليليين ونجد أن هذه النفوس الجسورة قد استمدت بعض الملامح من كل الأنظمة السابق وصفها، وهذه هي وظيفة الكيميائيين التحليليين؛ أن تشهد بثبات وجودة الكثير من المواد بما فيها المواد المستخدمة في السيارات، وفي بعض المراحل تشهد بثبات وجودة الحياة البشرية كما سنرى عندما ندرس إسهامات هذا المجال في كشف الجرائم تمامًا كإسهاماته في مجال السيارات. أما في الفصل الخامس فسنحدق في كرتنا السحرية لنرى مستقبل الكيمياء، لنرى عالمًا مليئًا بالمصادر والمواد الجديدة، وبلا أدنى شك ستقود هذه المواد الجديدة لاختراعات جديرة بالاعتبار وبالطبع لسيارات جديدة!

أمستعدون؟

لنزيح الستار ونرى …

الباب الأول



مقدمة

النظريات والثمانيات الموسيقية والمقاييس

تُوصف الكيمياء، شأنها في ذلك شأن الموسيقى والأدب، في ضوء عناصرها، وتحظى الكيمياء بنظرية تقوم على مبادئ أساسية. ومثل الموسيقى والأدب، ثمة الكثير في الكيمياء مما يمكن النظر إليه باعتباره فنًّا أيضًا، ويشبه النظر في الطبيعة النظر في المرآة، ونحن نفسر ما نراه في ضوء خبراتنا ومن منظورنا الخاص، وتمثل مبادئ الكيمياء محاولة لرسم نظام معتمد على الطبيعة، ويمكن أن يوسم هذا النظام ببعض الغموض وأن يكون قادرًا على ضم الشواذ للقاعدة. ولقد تغيرت عبر السنين الذخيرة الأساسية من النماذج والطرق الفيزيائية التي تسمح لنا أن نصف سلوك مجموعة كبيرة من المواد ذات مدى كبير من الخواص ونفهمه ونتوقعه. لذا سوف نبدأ بأساسيات هذه النظرية، فعلى سبيل المثال، جميعنا يعرف أن الكيميائيين يستخدمون المقاييس، لكن أتعلم أنهم يفكرون في الثمانيات الموسيقية أيضًا؟ سوف نعلم السبب، في الجزء الأول من روعة الكيمياء هذا.



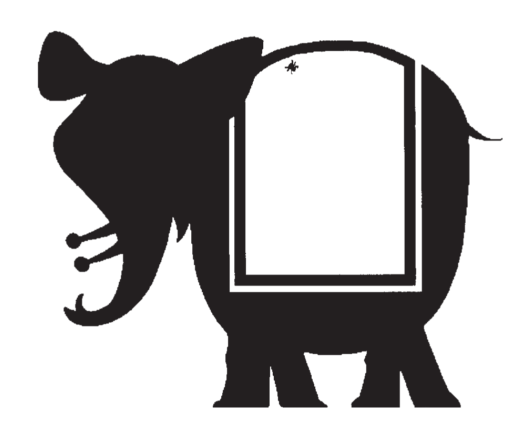
التجربة الأولى: الساحرة والماء

> «لقد كان يجري بعض الحسابات بلا توقف طيلة أيام لكنها كانت جميعها بلا جدوى ... وقد خلص أخيرًا إلى أن الطريق الوحيد لإثبات ذاته هو أن يخوض النيران ... وأن يراقب خطواته ليكتشف فضائلها وزلاتها ... ولكي يحصل على إجابة للسؤال الذي يحيره ينبغي أن يكون لديه اللهيب والدماء والخطر، حتى إنه ككيميائي ينبغي أن يتمتع بهذه وتلك وغيرها.»
>
> ستيفن كران في كتابه «شارة الشجاعة الحمراء» ١٨٩٥

خذ ملعقة بلاستيكية وحكها في شعرك أو في سترة صوفية إلى أن تكتسب الملعقة شحنة كهربية إستاتيكية، ويمكن الاستدلال على ذلك بجذب الملعقة للشعر أو الخيوط التي على السترة، ثم افتح الصنبور قليلًا حتى يكون هناك سيل رفيع من الماء وقرب الملعقة منه تجد أن سيل الماء ينحرف، ماذا حدث إذن؟ لقد حدث انتقال للإلكترونات؛ لأن الاحتكاك يسبب انتقال الإلكترونات من مادة إلى أخرى، إذا كان لإحداها قدرة أكبر على جذب الإلكترونات. معظم المواد البلاستيكية لديها قدرة قوية على جذب الإلكترونات أكبر من قدرة

الشعر والملابس، لذلك يكون اتجاه الانتقال غالبًا من شعرك أو من السترة الصوفية إلى الملعقة حيث يُسمح للملعقة أن تكتسب شحنة سالبة.[١] وقد تكون الشحنة موجبة إذا كان الانتقال في الاتجاه الآخر، لكن سيكون له التأثير عينه على سيل الماء، فالماء يتكون من ذرات من الهيدروجين والأوكسجين اللذين يحتويان على إلكترونات سالبة في السحب الإلكترونية المحيطة بالنواة المشحونة بشحنة موجبة. ولأسباب سوف نكتشفها بعد قليل نجد أن السحابة الإلكترونية المحيطة بالنواة تتصف بتوزيع غير منتظم للإلكترونات، فأحد طرفي جزيء الماء يكون أكثر سالبية من الطرف الآخر، ولما كانت الشحنات المختلفة تتجاذب والمتشابهة تتنافر، فإنه عند الاقتراب من المجال الإلكتروني السالب للملعقة البلاستيكية تنحرف أطراف جزيء الماء السالبة بعيدًا عن الملعقة، أما الأطراف الموجبة فتتنحرف نحو الملعقة وهو ما يجذب الماء والملعقة معًا.

ولكي ترى فكرة الإلكترونات الساحرة، واصل القراءة.



الفصل الأول

الإلكترونات والذرات، أو الفيلة والبراغيث

«إن علمنا لهو علمٌ حسي ...»

رالف والدو إيمرسون ١٨٣٠

لا يلمح إيمرسون في الاستشهاد السابق أن العلم متعلق بالحس الجسدي، إنما يعني أننا نبني نظريتنا العلمية على مدخلات حواسنا الخمس: اللمس والتذوق والسمع والنظر والشم، لكن عندما يتعلق الأمر بالنظريات التي تدور حول الذرة، تُخفق حواسنا. فنحن لا يمكننا أن نرى ذرة واحدة، أو نتذوقها أو نشعر بها أو نسمعها أو نشمها، وإذا قام أحدهم بضربنا على رأسنا بذرة واحدة من التنجستين (وهي ذرة غاية في الضخامة بالنسبة لباقي الذرات)، فإننا لن نشعر مطلقًا.

وما يجعلنا غير مدركين لوجود ذرة واحدة هو أن الذرة الواحدة غاية في الصغر، فقد تصطف نحو عشرة ملايين ذرة مفردة لتصل إلى طول حبة الأرز، والأجزاء التي تتكون منها الذرة هي في منتهي الصغر. وتتكون النواة أو مركز الذرة من البروتونات والنيترونات، ويساوي نصف قطر البروتون تقريبًا

فيمتومتر الذي يعادل واحدًا على كدريليون من المتر أو لتبسيطها يساوي نصف قطر البروتون واحد على مليون من واحد على بليون من المتر، يا له من حجم شديد الصغر! وتبلغ كتلة كل من البروتون والنيترون نحو واحد على سبتليون من الجرام (واحد على تريليون من واحد على تريليون من الجرام)، وهذا حجم شديد الصغر بأية معايير. وتقل كتلة الإلكترون نحو ألفي مرة عن كتلة البروتون والنيترون، فحجم الإلكترون بالنسبة لحجم البروتون كالبرغوث بالنسبة للفيل، وبالطبع البروتون هو الفيل، وعندما تحسب كتلة الفيل، احذر من أن تضيف كتلة البراغيث الموجودة على جسم الفيل، وكذلك الحال عندما نحسب كتلة الذرة، لا نضيف كتلة الإلكترونات.

والسؤال الذي يطرح نفسه هو إذا كانت جسيمات الذرة غاية في الصغر لدرجة أننا لا يمكننا أن نستخدم حواسنا لنكتشفها، كيف لنا أن نعرف بوجودها؟ الجواب هو بالاستدلال والاستنتاج؛ فلقد تعلمت البشرية منذ وقت طويل أن مدخلات الحواس يمكن خرقها، وما أكثر ما خُدِعَ البصر والشم واللمس! ومن ثم فلكي تُكْتَشَف طبيعة أجزاء العالم التي لا يمكن شمها أو لمسها أو رؤيتها، تعلم الناس أن ينظروا للتأثيرات غير المباشرة ويستنتجون الأسباب من ورائها. لقد اغتنم العالم المبجل إيرنست رازرفورد المفهوم جيدًا في النصيحة التي أسداها لجيمس تشادويك James Chadwick حينما كان تشادويك يبحث عن دليل على وجود النيترون، فقد سأله رازرفورد قائلًا:

> «كيف يمكنك العثور على الرجل الخفي في زحمة مرور ميدان بيكاديلي الشهير في لندن؟ ... ثم أجابه قائلًا: «من طريق رد فعل هؤلاء الذين نحاهم جانبًا.»[٢]

وبالمثل أعلن جي. جي. طومسون J. J. Thomson، بعد أن وصل إلى بعض الاستنتاجات من الأعمال التي أجراها بنفسه وأعمال الآخرين، عن وجود الإلكترونات عام ١٨٩٧م. وعُيِّن للإلكترون شحنة سالبة بإجماع الآراء، واستطاع طومسون تحديد كمية الشحنات في الكتلة المعطاة من الإلكترونات من انحراف شعاع الإلكترونات في مجال مغناطيسي.[٣]

ويسبب هذا التفاعل الذي يحدث بين الإلكترونات والمجال المغناطيسي تشويش صورة التليفزيون في حالة وجود مغناطيس، إذ ينحرف شعاع

الإلكترونات الموجود في أنبوبة أشعة الكاثود، التي تسبب حدوث التفسفر (الوميض الفسفوري) على الشاشة، في وجود مجال مغناطيسي قريبًا منها، وبالطبع لا ينبغي للفرد أن يقرب مغناطيسًا من شاشة التليفزيون، إلا إذا كان يستطيع الاستغناء عنه، فهذا التفاعل يمكنه أن يسبب تلفًا دائمًا لمكونات الجهاز، أما إذا كان لدى الفرد جهاز يمكن الاستغناء عنه، فإنه سوف يستمتع أيما استمتاع بمشاهدة تأثيرات مثيرة.

لكن طومسون لم يحدد الطبيعة الذرية للمادة بطريقة لا تُدحض، فقد صمدت حتى ١٩٠٩م حينما قدم جين برين الدليل القاطع بشأن الذرات، عندما قاس حركة جزيئات لقاح بالغة الصغر عالقة في الماء، ويمكن شرح ملاحظته المفصلة لهذه الحركة البراونية (سميت الحركة البراونية نسبةً إلى عالم النبات روبرت براون Robert Brown) إذ افترض أن الذرات المتحركة تدفعها ذهابًا وإيابًا، وقد أقنعت ملاحظاته المجتمع العلمي بصلاحية النموذج الذري، وبلا شك، استخدم النموذج بنجاح قبل برين ولكن من الجيد وجود مثل هذا الإثبات الرائع.[٤]

وفي عام ١٩١٠م، أدرك رازرفورد وجوب تألف الذرات من نواة مركزية كثيفة محاطة بفراغ فسيح، وقد أطلق بعض الجزيئات في حجم الذرة علي صفيحة رقيقة جدًّا من الذهب ووجد أن معظم الذرات اخترقت رقائق الذهب لكن عددًا قليلًا ارتد للوراء، وقد علق رازرفورد على ذلك في عبارات طريفة كعادته قائلًا: «لقد كان الأمر … كما لو أطلقت قذيفة قطرها خمس عشرة بوصة على منديل ورقي ثم ارتدت من هذا المنديل واصطدمت بك.»[٥]

ورجح رازرفورد أن هذه النواة التي تقع في مركز الذرة مكونة من جزيئات محتشدة بكثافة وذات شحنات موجبة. ثم استكمل بعدها مباشرةً هنري موسلي Henry Moseley — قبيل مصرعه المبكر في جاليبولي في غضون الحرب العالمية الأولى — تجارب الاستدلال على هذه الجزيئات، التي هي البروتونات.[٦] أما الجزيئات الأخرى في النواة وهي النيترونات فقد وُجدت صعوبات أكثر قليلًا لإثبات وجودها بسبب انعدام شحنتها. لكن جيمس شادويك عمل بنصيحة رازرفورد وأثبت أخيرًا وجودها عام ١٩٣٢م، فقد قاس شادويك ارتداد إشعاعات معينة من النيتروجين والهليوم ووجد أنها تتوافق مع الجسيمات المتعادلة التي لها تقريبًا نفس كتلة البروتون.[٧]

وقد استغرق الأمر حتى ثلاثينيات القرن الماضي لاكتشاف كل أجزاء الذرة مما أظهر كيف كان الأمر عسيرًا، وحتى ظهور كل الأجزاء لا يزال لم يحل اللغز بعد، فثمة سمات أخرى للذرة — ناهيك عن حجمها — تثير الحيرة، ومن إحدى هذه السمات كثافة النواة، وتساوي كثافة المادة كتلة الحجم المُعطَى، فعلى سبيل المثال، يكون لمكيال من الريش ولآخر من الحصاة نفس الحجم ولكن الكتل تختلف حتمًا. فمكيال الحصاة أثقل من مكيال الريش ومن ثم كثافته أكبر، وقد ذكرنا أن رازرفورد وجد أن الذرة محتشدة بكثافة لكننا لم نصرح بمقدار هذه الكثافة، لقد اتضح أن النواة، مع أبعادها المتناهية الصغر، فإنها تحتوي على مليون تريليون جرام في السنتيمتر المكعب الواحد، وبمقارنة هذا بكثافة الرصاص على سبيل المثال — التي تقترب من إحدى عشر جرامات في السنتيمتر المكعب — نجد أن الفرق يكمن في أن النواة تتكون من جزيئات محتشدة قريبة بعضها من بعض، في حين أن الذرة تكاد تكون فارغة. ويمكن تطبيق هذه المقارنة على الأرض والشمس، فإذا كانت نواة ذرة الرصاص هي الأرض، تعادل المسافة لأقرب إلكترون تقريبًا المسافة التي بين الأرض والشمس، بمعنى أن معظم الذرات هي مجرد فراغ، فإذا كنت تضع النوى وحدها في وعاء، فسيكون الأمر كما لو وضعت قطعًا صلبة من الرخام، وحينما تضع ذرات الرصاص في وعاء، فإنك في الحقيقة تكون كمن يصنع فقاعات من الفضاء الفارغ.

والسؤال الذي قد يطرأ على الذهن على الفور هو: إذا كانت المادة تتكون من فقاعات دقيقة، فلماذا إذن لا نسقط في برك من الماء والطين؟ توجد إجابة غير مرضية وهي أن الإلكترونات تبقي حيثما تكون لأنها توجد في مدارات حول النواة، لكن قد يعترض أحدهم قائلًا: «إذا كان للإلكترونات شحنة سالبة وللبروتونات شحنة موجبة، لماذا لا تتجاذب هذه الشحنات المختلفة ولماذا لا تصطدم الإلكترونات بالبروتونات؟»

وكما هو واضح، هذا السؤال ليس سؤال تافهًا وإنما هو سؤال يستحق الاهتمام.

في أوائل القرن العشرين، ساعد العالم الشهير نيلز بور Niels Bohr في شرح الإجابة على هذا السؤال عن طريق توضيح أن الإلكترون مادام يتحرك فيمكن له أن يظل بعيدًا عن البروتون. ونستطيع أن نجري تشبيهًا آخر بالأرض

والشمس؛ تجذب الجاذبية الأرضية هذين الجسمين معًا، إلا أن الأرض عن طريق التحرك في مدار خاص بها، يمكنها أن تستمر في الانحدار نحو الشمس لكنها لا تسقط فيها على الإطلاق. وبالمثل يمكن تطبيق الصورة نفسها على الإلكترون، فيمكن أن نعتبر أن الإلكترون يدور حول النواة ومن ثم ينجذب نحوها وليس فيها.

ومما لا شك فيه، أن القارئ لاحظ في الفقرة السابقة بعض العبارات المقيدة، مثل «ساعد نيلز بور في شرح» ولم نقل: شرح نيلز بور، و«يمكن أن نعتبر أن الإلكترون يدور» وليس «يدور الإلكترون …»، وهذا المبدأ ضروري للغاية لأن التشابه ليس سوى مجرد تشابه، وهذا التشابه يعمل فقط عند المستوى الأولي النظري، ويتراجع التشابه سريعًا عندما يتطلب الأمر أي قدر من الدقة، ولن يكون لدينا أي تشبيه غاية في الدقة لأن علم الفيزياء عند المستوى الذري يختلف تمامًا عن علم الفيزياء الذي نلاقيه في حياتنا اليومية.

وهكذا، ومع هذا الرأي السابق فسوف نعرض بنية الذرة تمامًا كما هي مفهومة في الوقت الحالي، ولنلاحظ أولًا الملامح الرئيسية التي تشيع معرفتها: تتكون النواة التي هي مركز الذرة من جسيمات مشحونة بشحنة موجبة تسمى البروتونات وجسيمات منعدمة الشحنة متعادلة تسمى النيترونات، أما الإلكترونات، كما هو معروف للكافة، فهي جسيمات ذات شحنة سالبة تدور في مدارات حول النواة.

ويستخدم مصطلح «المدار» هنا مجازيًّا وليس حرفيًّا، ومع أن الصورة العامة هي لإظهار الإلكترونات وهي تدور حول النواة مثل القمر الصناعي، فإن الفراغ الذي تشغله الإلكترونات لا يمكن وصفه بدقة، وأفضل ما نستطيع أن نقدمه هو أن نصف منطقة غائمة ونعتبر أن الإلكترون موجود فيها، وللتأكيد على هذا الاختلاف، سنطلق على الفراغ الذي تشغله الإلكترونات حول النواة «مداريات» Orbital وليس مدار Orbit. وهذه المداريات قد تكون كروية الشكل، مثل تلك الأثقال المستخدمة في لعبة رفع الأثقال، أو تأخذ شكل تراكيب معقدة من حلقات وفصوص، لكني أود أن أؤكد مرة أخرى على أنه لا شيء في خبراتنا العامة بالفعل يشابهها تمامًا، من ثم لا تعد التشبيهات كاملة.

وتسوء المشكلة عندما يكون هناك أكثر من إلكترون في المناقشة، وهو ما يحدث مع كل عنصر يلي الهيدروجين، والإلكترونات هي جسيمات لها شحنة،

والجسيمات التي لها شحنة تميل لأن ينجذب بعضها لبعض إذا كان لها شحنات مختلفة ويتنافر بعضها عن بعض إذا كان لها نفس الشحنة، وخير مثال على هذا هو المجال المغناطيسي؛ فالأقطاب المختلفة للمغناطيس تتجاذب والمتشابهة تتنافر. ويصبح الموقف أكثر ظلمة مع الذرة حيث لا توجد تفاعلات شبه مغناطيسية بين إلكترون وإلكترون أو بين إلكترون وبروتون، لكن هناك كم هائل من الشحنات السالبة والموجبة التي يتفاعل بعضها مع بعض. وقد شبه الفيزيائي أنريكو فيرمي Enrico Fermi الحاصل على جائزة نوبل الموقف في إحدى المرات بقوارب تتمايل في الميناء، نحن نعلم بالبديهة أن حركة أحد القوارب تؤثر على باقي القوارب الأخرى والعكس، لكن بطرق غاية في التداخل والتعقيد لدرجة أنه لا يمكن التنبؤ بالحركة الأخيرة لأي قارب من القوارب في أي وقت.

ويطلق من يدرسون مثل هذه الأمور (علماء ميكانيكا الكم النظريون) على هذه المسألة اسم «مشكلة الأجسام الثلاثة»، فحينما يكون لديك جسيمان في وضع متحرك وينجذب أحدهما نحو الآخر، يمكنك أن تصف الموقف في معادلة، لكن حينما يكون لديك ثلاث جسيمات بينها انجذاب وتنافر وجميعها في وضع متحرك يحدث الكثير جدًّا من الأشياء في معادلة واحدة دقيقة، وتكمن المشكلة في أنه مع وجود إحدى السحب الإلكترونية واستطاعتنا الإشارة إليها وقياسها، فإننا لا نستطيع أن نتنبأ سلفًا بالمكان الذي سوف تستقر فيه أو بالشكل الذي ستأخذه؛ فثمة عوامل كثيرة ومتغيرات عديدة بعضها غير معروف أو لا يمكن التعرف عليه، فالمشكلة تكمن في لب منهاج الاحتمالية المتعلق بالتركيب الذري.

ولكن من حسن حظك أنك غير مُضطر لأن تعرف موقع كل سحابة كي تتنبأ بحالة الطقس.[٨] وبالاستناد على منهاج الاحتمالية، تستطيع نظرية ميكانيكا الكم أن تفسر بدقة الكثير من خواص الذرات والجزيئات وطرق تفاعلها، بل تتنبأ بها. وقد أصبح بوسع العلماء أيضًا فهم وحش صغير والتعامل معه، وهو الأيون. والأيون هو ذرة أو جزيء فقد بعض الإلكترونات أو اكتسب مزيدًا منها، مثلما حدث مع الملعقة البلاستيكية في تجربة الساحرة والماء عندما اكتسبت بعض الإلكترونات. ويعني وجود القليل جدًّا أو الكثير جدًّا من الإلكترونات أن الشحنة الموجبة للبروتون غير متوازنة وأن الأيون له شحنة موجبة صافية أو سالبة صافية، وفي حالة الملعقة البلاستيكية، نجد

أن الإلكترونات قد انتقلت بالاحتكاك للملعقة واكتسبت الملعقة شحنة سالبة صافية، وثمة أشياء أخرى مشحونة تقدر على أن تؤدي خدعًا أخرى رائعة، مثل آلة التصوير المعجزة.



على سبيل المثال: البروتونات والنسخ الفوتوغرافية

أعرف أن البعض سيراها مغالاة أن نطلق على آلة التصوير اسم معجزة، أما الذين تعاملوا مع آلة تصوير المستندات، فيكون مصطلح معجزة غير معبر على الإطلاق. وتنتمي آلات التصوير إلى عصر المعلومات تمامًا مثل الحاسوب والهواتف الخلوية التي تعمل عن طريق الأقمار الصناعية، فمع التقدم في وسائل الرفاهية والبرمجة الخاصة بآلات تصوير العصر الحديث وأيضًا المزايا التي تتيح للمرء نسخ وترتيب النسخ المصورة وتكديسها وتجليد الورق بسلك وتدبيسه بالدبابيس المعدنية وتخريمه، فإن التكنولوجيا التي تكمن وراء ذلك لهي غاية في الدقة. والمبدأ الرئيسي الذي تقوم عليه عملية التصوير هو التجاذب الإستاتيكي للشحنات، وتعتبر أجزاء ماكينة التصوير مألوفة لكل من استخدم هذه الآلة لأي مدى، لأن كل من استخدم هذه الماكينة تعرض يومًا ما لمشكلة انحشار الأوراق وتعين عليه أن يفتح الماكينة من أجل إزالة الورق المحشور، وإذا كنت بطريقة ما لم تتعرض لهذه الخبرة، فاذهب ببساطة

إلى أحد الماكينات وافتحها لتتعايش مع أجزاء عملها الداخلية: نجد داخل آلة التصوير أسطوانة تُسمى الدرام Drum تلف حول محور ثابت، ومصدرًا ضوئيًّا متحركًا، وحبيبات دقيقة من بودرة سوداء هي حبر مجفف Toner، ومصدر تسخين، ونظامًا محكمًا للبكرات.

أول خطوة في عملية النسخ هي اكتساب الأسطوانة لشحنة إلكتروستاتيكية متساوية وموزعة، وتزيد الطريقة المستخدمة في ذلك في براعتها قليلًا عن تلك التي للملعقة لكي تكتسب شحناتها الكهروستاتيكية في تجربة الساحرة والماء، لكن الفارق في الروعة بين الطريقتين هو فارق طفيف، فعن طريق هذه الشحنات الكهروستاتيكية، تستطيع الأسطوانة أن تجذب مسحوق الحبر، تمامًا مثلما جذبت الملعقة الماء في تجربة الساحرة والماء، لكن إذا كانت هذه هي آخر خطوة، عندئذ ستكون الورقة الناتجة ورقة سوداء تمامًا، وهو ما لا نرغب فيه بالطبع، ولإتمام عملية التصوير يمر ضوء ساطع جدًّا وقوي تحت الورقة لكي تُصور.

ويستخدم الضوء لأنه يتفاعل مع المادة بطريقة مستمرة كما سنرى، ففيلم الكاميرا يتفاعل مع الضوء ليُكَوِّن الصورة، وتسجل أجهزة الاستشعار الرقمية مستويات الضوء في الكاميرا الرقمية، ويكتشف المجس الضوئي وجود شخص في شعاع الضوء فيسمح للباب بأن ينفتح، ويُمتص الضوء عندما يصطدم بجزء مظلم من الورقة، لكن عندما يصطدم بجزء أبيض من الورقة ينعكس الضوء على الأسطوانة، والمادة المبطنة للأسطوانة مادة موصلة للضوء بمعنى أن الضوء سيجعل المادة الداخلية تطرد إلكترونًا، وكلما طُرِدَ إلكترون من داخل الأسطوانة تعادل مع الشحنة الإستاتيكية الموجودة على سطح الأسطوانة في هذه البقعة فحسب، ويتزامن دوران الأسطوانة مع حركة الضوء تحت الورقة، من ثم تنتقل الصورة المسطحة إلى السطح المنحني للأسطوانة.

وتقذف الأسطوانة المعرضة للضوء بالحبر بعد ذلك، فينجذب لأجزاء الأسطوانة التي لا تزال مشحونة، عندئذ تمرر قطعة من الورق ذات شحنة إستاتيكية فوق سطح الأسطوانة فتجذب الحبر بعيدًا عن الاسطوانة، وتُسخن الورقة ليثبت الحبر عليها، فنحصل على صورة من الورقة.

وإذا كان المبدأ وراء فكرة آلة تصوير الورق — وهو انجذاب المواد إلى الشحنات الإستاتيكية — مبدأً أساسيًّا ومفهومًا جيدًا، فلماذا إذن استغرق كل

هذا الوقت لإنتاج آلة تصوير مستندات عملية؟ الإجابة هي نفس الإجابة التي تصاحب مثل تلك النوعية من المخترعات وهي أن المفهوم الأساسي موجود منذ وقت طويل قبل وجود المواد اللازمة لتنفيذ الفكرة. فعلم المواد هو فرع من فروع المعرفة قائم بذاته، ويرجع ذلك إلى الوجود الفعلي لعدد لا نهائي من الخواص المتنوعة للعناصر وللمواد المشتقة من هذه العناصر. فعلى سبيل المثال، فكر في التنوع الذي يظهره سلوك عنصري الألمنيوم والنحاس (كلاهما يستخدم في الأسلاك الكهربائية)، ومسامير الصلب والمسامير المطلية بالخارصين (كلاهما يُطرق من على الرأس). وسنعرض في الفصل التالي الاختلافات على المائدة وهي الجدول الدوري للعناصر.



تجربة ٢: النحاس واللصوص

«أنت القادر على كل شيء، أنت وإزموندو. أنا لا أعني إزموندو وحده ولا أعنيك أنت وحدك. إنما أعنيكما معًا ... مثل بعض المخاليط الكيميائية.»

هنري جيمس في كتابه «لوحة امرأة» ١٨٨٠

كن حذرًا في هذه التجربة، فالمحلول الذي سوف تحضره محلول كاوٍ، ويمكن أن يؤذي الملابس والأسطح والعين والبشرة، وإذا سقط بعض من المحلول فيجب عليك أن تغسل المنطقة التي سقط فيها السائل على الفور بمياه كثيرة، أما إذا دخلت قطرات من المحلول في عينيك فاغسل عينيك جيدًا بمياه غزيرة، وحاول الحصول على الرعاية الطبية. في هذه التجربة يتحتم عليك أن توفر الحماية المناسبة لعينيك.

ارتد نظارة الأمان الواقية، وقفازات الحماية. في الجزء الأول من التجربة، خذ كوبين بلاستيكيين واملأهما بالماء حتى ارتفاع بوصة واحدة (٢,٥ سم).

اقطع بوصة (٢,٥ سم) من سلك ألمنيوم وبوصة من سلك نحاس، وأزل السلك العازل من عليهما إذا وُجد. ضع سلك الألمنيوم في كوب وسلك النحاس في الثاني. أضف نصف ملعقة شاي (٢ مليلتر) من الي (محلول قلوي لصنع الصابون) — المذكور في قائمة المشتريات والمحاليل، التي نُصح فيها بشراء بلورات التنظيف الجافة التي لا تحوي فلز الألمنيوم — ثم قلب الكوب برفق حتى يمتزج، تظهر بعض الفقاعات الصغيرة الناتجة عن انحلال الي.

بعد مضي من خمس عشرة إلى عشرين ثانية ينبغي أن يظهر سيل من الفقاقيع الصغيرة جدًّا من سلك الألمنيوم وليس من سلك النحاس.

ومن الواضح أن أسلاك النحاس والألمنيوم متشابهة، فكلاهما يستخدم في الأسلاك الكهربية، لكننا نرى الألمنيوم يذوب في هذا المحلول القلوي، ولا يذوب النحاس. والفقاعات التي لاحظت تصاعدها في عملية انحلال الألمنيوم هي الهيدروجين، مما يفسر لماذا نضيف رقائق الألمنيوم الدقيقة لبعض مواد التنظيف الجاف التي يكون الي هو المادة الأساسية فيها، إذ تُوَفِّر رقائق الألمنيوم المحفزات التي تساعد على إزالة الانسدادات.

استمر في ارتداء النظارة في الجزء الثاني من هذه التجربة. خذ محلول كبريتات النحاس المعد كما هو مشار في «قائمة المشتريات والمحاليل» وصب نحو ربع بوصة (٠,٥ سم) أو أقل في كوب بلاستيكي. ضع مسمارًا من الصلب وآخر مطليًّا بالخارصين، وراعِ ألا يتلامس أحدهما مع الآخر. تعلو المسمارين طبقة نحاسية من محلول النحاس، لكن التفاعل يحدث أسرع مع مسمار الصلب، بل يبدو شكل الطبقة النحاسية التي عليه مماثلة للنحاس أكثر من تلك التي على المسمار المطلي بالخارصين. وغالبًا ما تكون مسامير الصلب من الحديد، أما المسامير المطلية بالخارصين فهي مسامير من الصلب مطلية بطبقة من الخارصين المقاوم للأكسدة، وكلتا المادتين تؤدي الوظيفة الفيزيائية للأسطح المقاومة للأكسدة، لكن تركيبهما الكيميائي، كما هو محدد بموقع الحديد والخارصين في الجدول الدوري، يعتمد على اختلاف الأداء الكيميائي كما هو مبين هنا.



الفصل الثاني

تحدث دوريًّا

«لا يستطيع ذلك الجيش أن يتعافى في أي مكان، فمنذ معركة بروديتو وخراب موسكو وهو يحمل في نفسه ما يشبه عناصر الانحلال الكيميائي.»

ليو تولستوي في كتابه «الحرب والسلام» ١٨٦٤

عند التقاط صورة للعائلة عندما يجتمع شملها، قد يطلب المصور أن يقف أعضاء أسر العائلة بعضهم مع بعض أو يرتبهم حسب أطوالهم أو أعمارهم، وربما يطلب المصور المبالغ في الاهتمام بالتفاصيل أن يقف أولئك المقيمون في الساحل الغربي في جانب وأولئك المقيمون في الساحل الشرقي في الجانب الآخر ويجعل أولئك القاطنين في الشمال يقفون قليلًا إلى الخلف والقاطنين في الجنوب إلى الأمام. قد تأخذ مثل هذه الترتيبات بعضًا من الوقت والجهد لكنها ستضمن أن الأجيال القادمة سوف يتبينون قدرًا لا بأس به من المعلومات عن فرد معين بإيجاد موقعه أو موقعها في الصورة. وهكذا، يشبه الجدول الدوري الصورة الملتقطة لاجتماع العائلة، فبمجرد فهم مبدأ الترتيب، يمكن

الحصول على معلومات معينة عن عنصر معين بمجرد معرفة موقعه في الجدول.

هذا المصور الحاذق الذي رتب عناصر الجدول الدوري هو ديمتري مندليف؛ ولد مندليف في روسيا عام ١٨٣٤م. أدرك مندليف الحاجة إلى أهمية الترتيب حسب العمر في اجتماع العائلة، إذ كان الأصغر بين أربعة عشر طفلًا، وأدرك أيضًا الترتيب حسب الإقامة، حينما رأت أمه موهبته فاستخدمت مواردها المحدودة لترسله إلى موسكو ليتلقى تعليمه هناك. وبدأ مندليف بعد ضمان الحصول على وظيفة في التدريس، حاذيًا حذو مدرسي كافة العصور، في البحث عن طريقة لينظم أدواته، وكان موضوعه هو السلوك الكيميائي للعناصر، وقد نمت الأداة التدريسية التي تبناها لتصل إلى الجدول الدوري.[١]

ولكي يتمكن من تنظيم العناصر كتب مندليف كل سلوك العناصر التي يلاحظها في بطاقات، ثم صنف هذه البطاقات إلى مجموعات تبعًا للسلوك المتشابه، وبعدئذ أضاف مندليف مستوى آخر من التصنيف وأخذ يصنف العناصر تبعًا للكتلة المميزة للعناصر.

غالبًا ما يُسْتَخدم مصطلح الكتلة والوزن بمعنى واحد، لكن ثمة فرقًا خادعًا للغاية بل مهمًّا للغاية، فوزن الشيء هو قياس مقدار القوة التي تجذبه بها الجاذبية الأرضية نحو الأرض، ولأن جاذبية القمر أقل من جاذبية الأرض، نجد أن الأشياء تزن أقل على سطح القمر. وتُقاس الكتلة وفقًا لميزان يرتبط ببعض المعايير، وبالنظر إلى «تمثال العدالة العمياء» الذي يرمز إلى سيادة القانون، نجده امرأة معصوبة العينين تحمل مثل هذا الميزان. ولقياس كتلة المادة، نضع المادة في إحدى كفتي الميزان ونضع معيارًا لكتلة معروفة في الكفة الأخرى إلى أن تتساوى الكفتان، ولأن الجاذبية تؤثر على المعايير بنفس الطريقة التي تؤثر بها على الشيء المراد قياسه، من ثم تكون الكتلة المقاسة على الأرض مساوية تماما لتلك المقاسة على سطح القمر.

وكان يعرف في وقت مندليف أن العناصر يتحد بعضها مع بعض بنسب محددة مثلما تتحد المكونات في أثناء الطهي، فمثلما قد تتطلب طريقة صنع الكعك بيضة وكوب لبن، فإن طريقة صنع ملح الطعام تتطلب جزءًا من الصوديوم وجزءًا من الكلور. وكانت كتلة الجزء الواحد من الصوديوم تؤخذ

باعتبارها الكتلة المميزة للصوديوم وهي الكتلة المميزة لكل عنصر استخدمه مندليف في المرحلة الثانية من الترتيب.

وقد رتب باحثون آخرون العناصر في مجموعات طبقًا لكتلها المميزة، لكن كانت لمندليف جسارة في الاحتفاظ بمجموعات لها نفس السلوك الكيميائي بعضها مع بعض، حتى وإن كان نتيجة ذلك ترك بعض الفراغات في الجدول، وما لبثت البصيرة النافذة لمندليف أن كشفت عن نفسها عندما وجد آخرون العناصر المفقودة ووجدوا أنها تتناسب وفراغات جدول مندليف.

وبعد مضي عدة عقود — بعدما كشف باحثون آخرون عن لغز تركيب الذرة — وجدوا أن اتجاهات تركيب الذرة تتبع ترتيب الجدول الدوري، معلنة بذلك الارتباط بين التركيب الذري والسلوك الكيميائي. ويبدو أن المفهوم قد أصبح واضحًا بعد الإدراك المتأخر له، فسلوك كل الأشياء، من السمكة إلى وميض الضوء، تحدده الطريقة التي وُضعت بها هذه الأشياء معًا، لكن التركيب الأساسي للذرات — الإلكترونات والبروتونات والنيترونات — لم يكن معروفًا حينما رتب مندليف جدوله.

ويظهر الجدول الدوري الحديث الذي جرى توسيعه بدرجة كبيرة منذ وقت مندليف في شكل ١-٢-١. وقد تكون رموز بعض العناصر مألوفة لديك مثل رمز (H) الذي يشير إلى الهيدروجين، و(O) الذي يشير إلى الأوكسجين، وقد لا يكون البعض الآخر مألوفًا. وتُشتق رموز بعض العناصر مثل التنجستين (W) والصوديوم (Na) من أسماء بديلة لهذه العناصر، فرمز التنجستين (W) مأخوذ عن الاسم الألماني Wolfram ورمز الصوديوم (Na) مأخوذ عن الاسم اللاتيني Natrium. وتشير الأرقام التي توجد فوق العناصر إلى العدد الذري (وهو مفهوم سنشرحه فيما بعد) ويُلحق بهذا الكتاب قوائم العناصر بأسمائها ورموزها وأعدادها الذرية.

ويوضح شكل ١-٢-١ الجدول الدوري المبسط بإيجاز وبدون الأعداد الذرية.

يضم النموذج رقم ١-٢-٢ للجدول الدوري كل العناصر نفسها الموجودة في الشكل ١-٢-١، لكنه يتطلب من المستخدم أن يتذكر أن العناصر من السيريوم (Ce) إلى الليوتيتيوم (Lu) والثوريوم (Th) واللورنسيوم (Lr) هي بالفعل تتبع اللنثانوم (La) والأكتينيوم (Ac) على التوالي، وتُرَى هذه

1 H																															2 He
3 Li	4 Be																									5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg																									13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc															22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y															40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt									

شكل ١-٢-١: الجدول الدوري الحديث.

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac†	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	•	•	•						

*Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
†Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

شكل ١-٢-٢: الجدول الدوري المبسط.

العناصر في الجدول الدوري التقليدي على إنها صفوف منفصلة لملاءمة طباعة الحروف.

وأيًّا كان الشكل الذي تختار أن تستعين به، فالسمة اللافتة للنظر في الجدول الدوري هي نظام ترتيبه، ففي عالم مثل عالمنا هذا حيث السحب المتغيرة الأشكال، والأشجار التي تنمو أفرعها على نحو عشوائي، والخلايا التي لا يوجد اثنتان منها متشابهتين، أو تتماثل فيه كتلتان جليديتان، قد يبدو ترتيب الجدول الدوري الحاذق أمرًا خارقًا للطبيعة مثل الطقوس الدينية

شديدة الصرامة. إلا أن هذا النظام البدائي الذي يمكنه أن يحيل الأمور المعقدة إلى أمور فوضوية (لقد أرجأنا النقاش في مثل هذا الأمر إلى الفصل الذي يتحدث عن الديناميكا الحرارية)، يشكل القواعد الأساسية لعالمنا المتغير.

ويكمن أول الأنماط وأكثرها دقة في عدد البروتونات في نواة كل عنصر، فعلى سبيل المثال يحتوي الهيدروجين، أول عنصر مدرج في الجدول الدوري، على بروتون في نواته، والهليوم، ثاني عنصر (عند القراءة من اليسار إلى اليمين)، بروتونين في نواته. ويأتي الليثيوم بعد الهليوم بالاتجاه إلى أسفل في الصف الثاني — ومرة أخرى بداية من جهة اليسار إلى اليمين — وهو يحتوي على ثلاثة بروتونات في نواته، ويليه البريليوم الذي يحتوي على أربعة بروتونات، ثم بالانتقال إلى الجانب الآخر من نفس الصف متخطين الفجوة، نجد البورون ذا الخمسة بروتونات في نواته، وبالمضي قدمًا على نفس المنوال، نجد أن للكربون ستة بروتونات والنيتروجين سبعة والأوكسجين ثمانية، وهكذا. ويطلق على عدد البروتونات في النواة العدد الذري، وهو الرقم المعطى مع كل عنصر في الجدول في الشكل رقم (١-٢-١). ويبدأ التعقيد يظهر في الجدول بمجرد أن يكون للعنصر كتلة يُعتد بها. وتجمع الأعداد الذرية العناصر إلى أرقام دقيقة ومرتبة وصحيحة، لكن بإلقاء نظرة على الملحق آخر الكتاب، نجد أن الكتل الذرية للعناصر أرقامها غير دقيقة وغير مرتبة وغير صحيحة. وتنشأ هذه الطبيعة الشاذة للكتل الذرية من جرّاء حقيقة أن الذرة تُبنى من بروتونات ونيوترونات، وتوجد طريقة أساسية تصف طريقة تركيب هذه العناصر، لكن ثمة اختلافات في هذه الطريقة أيضًا.

وعليك أن تبدأ من مكان ما، وعندما تعلق الأمر بالكتلة بدأ العلماء بالبروتون، وقد عرف العلماء البروتون على أنه كتلة وحدة واحدة للكتلة الذرية أو و. ك. ذ.، ويُفترض أن كتلة النيترون وحدة واحدة للكتلة الذرية أيضًا، وذلك للاقتراب الشديد بين البروتون والنيترون في الكتلة، ودائمًا يكون عدد البروتونات في ذرة العنصر هو نفس عددها الذري ومساو له؛ فإذا كان للذرة سبعة عشر بروتونًا، فإن عددها الذري يكون ١٧، وهو عنصر الكلور. وإذا كانت الذرة هي ذرة كلور، فهي تحوي إذن سبعة عشر بروتونًا. ولكن يمكن أن تتنوع كتلة الذرة المعطاة لعنصر ما، وذلك لأن عدد البروتونات وعدد النيترونات يحددان كتلة الذرة، ومن الممكن أن يتغير عدد النيترونات؛ فعلى

سبيل المثال، تحوي كل ذرة كلور سبعة عشر بروتونًا، لكن بعض الذرات تحوي ثمانية عشر نيترونًا والبعض الآخر يحوي عشرين نيترونًا، فيكون مجمل كتلة ذرة الكلور التي تحوي ثمانية عشر نيترونًا هو سبع عشرة و. ك. ذ. بالإضافة إلى ثماني عشرة و. ك. ذ.، أي خمس وثلاثين و. ك. ذ. وإجمالي كتلة الذرة التي بها عشرون نيترونًا، يكون سبع عشرة و. ك. ذ. بالإضافة إلى عشرين و. ك. ذ.، أي سبع وثلاثين و. ك. ذ.، وعندما تكون لذرات عنصر ما كتل مختلفة، يُطلق عليها اسم «النظائر». وتكون الكتلة الذرية للعنصر المعطى هي متوسط كتلة نظائرها.

ويمكن تشبيه عدد البروتونات في الذرة بنوع من الخصائص التي تميز الإنسان بكونه ذكرًا، فإذا كان لأحدهم هذه الخصائص يكون ذكرًا، كذلك إذا كان لذرة عدد معين من البروتونات، فإن ذلك العدد هو الذي يحدد هوية ذلك العنصر، لكن الذكور المختلفة لها كتل مختلفة، لكننا نستطيع بسهولة ويسر أن نوجد متوسط كتلة مجموعة من الرجال بواسطة جمع كل كتلهم الفردية معًا ثم نقسم الإجمالي على عدد الرجال في هذه المجموعة، وبالمثل، يمكن اتباع نفس الإجراء مع عناصر الجدول الدوري. وكما نرى في الملحق، كتلة الكلور المعطاة هي ٣٥,٤٥ و. ك. ذ.، التي لا تمثل حتى كتلة أي نظير، وهي تمثل متوسط أعلى من الكتلة المعتادة للنظائر، غير أن عدد البروتونات هو الذي يحدد نوع العنصر، وعليه، مع أن النظائر قد يكون لها أعداد مختلفة من النيترونات وكتل مختلفة، فإن العدد الذري هو الذي يخبرنا بعدد البروتونات، وعدد البروتونات هو الذي يحدد نوع العنصر، والعدد الذي تلحظ زيادته وأنت تطلع على الجدول الدوري هو العدد الذري وهو نفس عدد البروتونات.

لكن إذا كان لا يوجد مبدأ يقوم عليه التصنيف غير عدد البروتونات في النواة، لماذا إذن ذلك الشكل المثير للفضول في الجدول الدوري؟ يُعزى ذلك إلى أن ترتيب الجدول يهتم بما هو أكثر من عدد البروتونات.

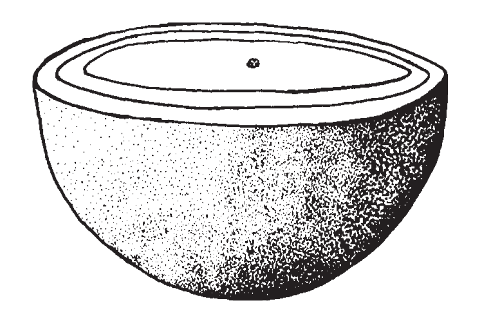
وتُصنف الكائنات الحية في علم الأحياء إلى ممالك وشعب وطوائف ورتب وعائلات وأجناس وأنواع، وتُصنف العناصر في الكيمياء أيضًا — وإن كان إلى عدد فئات أقل — وما يعنينا هنا هو تصنيف العناصر إلى ما يطلق عليه «أنواع» مختلفة، وعدد البروتونات هو ما يحدد نوع العنصر، من ثم يمكن النظر إلى العدد الذري على أنه «الجنس»، فإذا كانت الذرة تحتوي على بروتونين فهذا

يعني أنها لعنصر الهليوم، وإذا كانت الذرة هي ذرة هليوم إذن هي تحوي بروتونين. فهذا أمر ثابت لا يتغير، غير أن عدد الإلكترونات في ذرة العنصر يمكن أن يتغير، ويمكن اعتبار أي تغير هو «الأنواع»، ويكون عدد البروتونات هو نفس عدد الإلكترونات في الأنواع المتعادلة من الذرات.

ويحمل البروتون وحدة واحدة من الشحنات الموجبة، لذا لكي تصبح الذرة متعادلة يجب أن يعادل هذه الشحنة الموجبة إلكترون له شحنة سالبة، لذلك، يخبرنا الجدول الدوري أيضًا بعدد الإلكترونات الموجودة في ذرة العنصر المتعادلة، بالإضافة إلى ذكر عدد البروتونات الموجودة في هذا العنصر؛ فعلى سبيل المثال، يحتوي الهيدروجين على بروتون، لذا تحتوي ذرة الهيدروجين المتعادلة على إلكترون أيضًا، وتوجد في نواة الكربون ستة بروتونات، لذا توجد في ذرته المتعادلة كهربيًّا ستة إلكترونات.

وكما أشرنا من قبل، تشغل الإلكترونات مداريات وسنضيف إلى ذلك الآن أن هذه المداريات تترتب حول النواة في طبقات رقيقة، وتكون الطبقات متداخلة كما هو موضح في شكل ١-٢-٣، وكل طبقة لديها القدرة على أن تسع المزيد من الإلكترونات، وتوجد متوالية حسابية لتحديد عدد الإلكترونات الذي يمكن أن تحمله كل طبقة: فالطبقة الأولى تحمل إلكترونين، والثانية تحمل ثمانية إلكترونات، والثالثة ثمانية عشر إلكترونًا، أما الطبقة الرابعة فتحمل اثنين وثلاثين إلكترونًا، ومن ثم، تزداد القدرة الاستيعابية للطبقة على حمل الإلكترونات بنمط منتظم كالآتي: مربع رقم الطبقة مضروبًا في اثنين، فالطبقة الأولى، طبقة رقم ١، تحمل ١ مربعًا مضروبًا في ٢، أو إلكترونين. والطبقة الثانية، طبقة رقم ٢، تحمل تربيع رقم ٢ مضروبًا في ٢ أي ثمانية إلكترونات، وهكذا.

وقد قدمنا هنا الطبقات الرقيقة بوصفها طبقات دقيقة في أجسام كروية متداخلة، وتشبه هذه الطبقات الرقيقة المتداخلة تلك الكعكة متعددة الطبقات التي تكون كل طبقة فيها ذات نكهة مختلفة، لكن في حقيقة الأمر تتكون الطبقات الرقيقة من شرائح داخلية وإن كان علينا أن نعرض شكلًا لإحداها في نموذجنا، سينتهي بنا الأمر إلى شكل أشبه بشكل البصلة المفتوحة حيث يبرز شكل الشرائح المستديرة بداخلها، فالبصل تتشابك طبقاته وتصبح ممزوجة بعضها ببعض، وهذا عين ما يحدث أيضًا مع الشرائح الداخلية للذرات.



شكل ١-٢-٣: عرض تصويري للطبقات حول الذرة.

لكن هذه طبقة بصل ولسنا في حاجة إليها الآن! ومن الناحية النظرية، تأخذ الطبقات الشكل الكروي بمجرد امتلائها بالإلكترونات، لذا سنعتبرها هنا كروية الشكل.[٢]

ويُطلق على صفوف الجدول الدوري دورات (وعليه سُمي بالجدول الدوري)، ويتحدد موقع العنصر الذي يشغله في الدورة بناء على عدد الإلكترونات في طبقته الخارجية الأكثر بعدًا عن النواة، وكل مرة يزيد فيها العدد الذري بمقدار واحد، يزيد معه عدد البروتونات في النواة بمقدار واحد، ويتطلب العنصر الجديد إلكترونًا آخر لذرته المتعادلة، وترتب الإلكترونات نفسها في الطبقات التي تحيط بالنواة، وكل مرة تمتلئ فيها الطبقة ينتهي الصف. وتُعرض الطبقة الممتلئة في الجدول الدوري باعتبارها صفًّا ممتلئًا كما هو موضح في شكل ١-٢-٤.

ومن ثم تحدد الطبقات شكل الجدول الدوري، لكن ليس هذا كل شيء فلا يزال هنالك المزيد لنسرده. فهناك أثر آخر ذو مغزى من وجود الطبقات ألا وهو أن الانشغال أو الانشغال الجزئي للطبقات هو الذي يحدد السلوك الكيميائي أو «النشاط الكيميائي» للعناصر المتنوعة. والأعمدة الرأسية في الجدول الدوري هي لمجموعة من العناصر التي لها حالات متشابهة من حيث انشغال طبقاتها الخارجية، فهي أعضاء في نفس العائلة، ولكن العائلات التي تتشارك الكيمياء وليست تلك التي تتشارك الأسلاف!

فعلى سبيل المثال، يكون لكل من الهليوم والنيون والأرجون طبقات ممتلئة، وتعرف هذه العناصر التي توجد في صف عمودي بالغازات النبيلة لأن

شكل ١-٢-٤: كل مرة يزيد فيها العدد الذري بمقدار واحد، يزيد معه عدد البروتونات في النواة بمقدار واحد، ويتطلب العنصر الجديد إلكترونًا آخر لذرته المتعادلة، وترتب الإلكترونات نفسها في الطبقات التي تحيط بالنواة، وكل مرة تمتلئ فيها الطبقة ينتهي الصف، فكل من الهليوم والنيون والأرجون يكمل صفًّا، وكل منها يصنع طبقة ممتلئة.

لها طبيعة رصينة وهامدة وخاملة، ويجسد الهليوم فقرها للنشاط الكيميائي، وهو عنصر غاية في الخمول حتى إننا نستخدم بالونات الهليوم في تزيين الحفلات، ومن ناحية أخرى، يتسم الهيدروجين بشدة نشاطه، لذا قد تجلب بالونات الهيدروجين في الحفلات تسلية تصاحبها أصوات مدوية أكثر من تلك التي نكترث لها.

وتتشابه تفاعلات النيتروجين والفسفور لأن لهما نفس العدد من الإلكترونات في طبقتهما الخارجيتين (خمسة إلكترونات). وتشابه تفاعلات الأوكسجين تفاعلات الكبريت لتشاركهما في نفس عدد انشغال طبقاتهما الخارجيتين (ستة إلكترونات). ويسمى هذا الانشغال للطبقة الخارجية للذرة «تكافؤ الذرة». فتكافؤ الكربون هو ٤ (بسبب وجود أربعة إلكترونات في طبقته الخارجية)، وهو يتشابه في بعض الخواص الكيميائية مع السليكون الذي يكون تكافؤه ٤ أيضًا. وتُستخدم عناصر السليكون والجيرمانيوم والقصدير والرصاص التي لها نفس التكافؤ وهو ٤ ولكن بنسب مختلفة في تكوين أشباه الموصلات، وفي تكوين مواد مثيرة وهامة وسنتعرض لذلك فيما بعد عند مناقشة الروابط الكيميائية.

ويتفاعل الأوكسجين مع الهيدروجين بنسبة واحد إلى اثنين وكذلك الكبريت والسلنيوم والتليوريوم، ويضطلع النشاط الكيميائي — الذي هو قدرة العناصر على الترابط كيميائيًّا في مركبات — بمهمة تحويل عناصر الكون إلى مواد الأرض التي هي في النهاية مواد الحياة. ومع أنه علينا أن نقلع عن الإسهاب في مناقشتنا حول جزيئات الحياة المعقدة حتى تتوافر أسس أكثر متانة، فإن لدينا بالفعل معلومات كافية لمناقشة اثنتين من أهم المواد الكيميائية في الحياة، وهما يعدا بلا أدنى شك من المواد الأساسية في الحياة التي تتكون منهما المواد الأخرى، وهما الملح والماء، فالحياة الأولى تكونت في المحيطات المالحة كما هو موضح في المحاليل الملحية في خلايانا وكما هو دائمًا جلي في الطبيعة الملحية لأجسامنا.

فعادة في العالم المتحدث بالإنجليزية، عندما نفكر في الملح يتوارد على أذهاننا ملح الطعام، كلوريد الصوديوم NaCl، وإذا أردنا أن نعرف أهم ثاني مركب كيميائي بعد الماء H_2O، بالطبع سيكون كلوريد الصوديوم، مركب ملح الطعام، ويتشارك كلوريد الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم في خصائص كثيرة لدرجة أن كلوريد البوتاسيوم يستخدم كبديل لملح الطعام، إذ تتشابه الصيغة الكيميائية لكلا المركبين أيضًا، فكلوريد الصوديوم يتكون من جزء من الصوديوم وجزء من الكلور، وكلوريد البوتاسيوم يتكون من جزء من البوتاسيوم وجزء من الكلور، لكن لا تتوحد نسبة واحد إلى واحد هذه مع كافة الأملاح، فعلى سبيل المثال يتكون كلوريد الكالسيوم من جزء كلور وجزء كالسيوم. لماذا إذن يسلك الصوديوم طريقًا والكاسيوم آخر؟ يتعرض الجدول الدوري لهذه القضية أيضًا:

أولا: ينقسم الجدول الدوري إلى قسمين رئيسيين وهما الفلزات واللافلزات، وتقع الفلزات يسار خط السلم المتعرج الذي يبدأ من اليمين بين عنصري البورون (B) والألمنيوم (Al) وينتهي بين عنصري البولينيوم (Po) والأستاتين (At) (فيما عدا الهيدروجين الذي يعتبر من اللافلزات). وتعتبر عناصر النحاس (Cu) والنيكل (Ni)، والزنك (Zn) عناصر مألوفة ومثال جيد للفلزات؛ فهي تتمتع بالحالة الصلبة في درجة حرارة الغرفة، وتخضع للتشكيل والقولبة، كما أنها موصلات جيدة للحرارة والكهرباء، أما اللافلزات فيصعب قليلًا أن نضعها في مجموعة ذات خصائص عامة، إلا أن خصائص الأوكسجين والكربون مألوفة

بالقدر الذي يسمح لنا بأن نثبت أن هذه العناصر غير فلزية عند سلوكها في التفاعلات الكيميائية.

ولا تتضح معالم الخط الفاصل بين الفلزات واللافلزات، ومن ثم تسمى العناصر التي تقع على مقربة من خط السلم المتعرج أشباه الفلزات، أي أنها لا تتطابق تماما مع تعريف من التعريفين. ويجد الألمنيوم (Al) نفسه في هذا الوضع، ومع ذلك فنحن نميل عامة لاعتبار الألمنيوم فلزًّا، وهو فلز غريب لأنه خفيف للغاية (لذا يستخدم في قوالب المحركات في عربات السباق)، بالإضافة إلى أنه يبدو محببًا ورماديًّا أكثر من كونه ناعمًا، وتكون رقائق الألمنيوم طيعة ولامعة لكنها تتغير كلية عند تعرضها للهب الفحم وهو نفس ما يحدث لعلب وصفائح الألمنيوم، وهكذا يسلك الألمنيوم سلوك الفلزات واللافلزات معًا فيكون بذلك شبه فلز.

والملح مركب يتكون من فلز ولافلز، ومن ثم يتفاعل الصوديوم وهو عنصر فلزي مع الكلور وهو عنصر لافلزي ليُكَوِّنا كلوريد الصوديوم المعروف لدينا بملح الطعام. وتتركب الوصفة الثابتة لكلوريد الصوديوم من ذرة صوديوم وذرة كلور، والأساس في هذه النسب الدقيقة هو الطبقات أيضًا وهو ما سنخوض في شرحه الآن.

وتتحدد كتلة الذرة وفقًا لعدد البروتونات والنيترونات في نواتها، كما ذكرنا من قبل، ولا تضيف الإلكترونات، كما ذكرنا أيضًا، فعليًّا شيئًا إلى الكتلة، كما لا تضيف البراغيث شيئًا في الواقع إلى كتلة الفيل، لكنها تؤثر على سلوك الفيل مع أنها صغيرة الحجم؛ لأنها براغيث، كذلك الإلكترونات تحدد السلوك الكيميائي للعنصر مع أنها صغيرة، فعندما تكتسب الذرة إلكترونًا أو تفقد آخر، فإنها تصبح في حالة من عدم اتزان الشحنة وتصبح «أيونًا»، فيُعد هذا الأيون نوعًا جديدًا لهذا العنصر؛ فذرة العنصر التي تحتوي على عدد من الإلكترونات أكثر من عدد البروتونات هي نوع مشحون شحنة سالبة أي أيون سالب، وتعتبر ذرة العنصر التي بها عدد إلكترونات أقل من البروتونات نوعًا مشحونًا بشحنة موجبة أي أيون موجب، والأيون هو نوع تفاعلي كما لو كان في حالة بحث عن شيء في الشحنة المضادة ليتحد معه.

وقد يبدو للوهلة الأولى أن أية كمية من الشحنات يمكن أن تُكتسب أو تُفقد وأن أي أيون يمكن أن يتكون، لكنه قد اتضح أن كل عنصر يفضل أن

يتعامل مع كمية معينة من الشحنات يمكن التنبؤ بها، أو يمكنك القول أنه نوع من مستوى التأين الذي يمنح العنصر الراحة عند التعامل معه، وهو المستوى الذي يمكن التنبؤ به عن طريق الجدول الدوري.

وتمتلئ الطبقة الأولى (الصف الأول) بإلكترونين، وتحتاج الطبقة الثانية لثمانية إلكترونات، وتسع الطبقة الثالثة ثمانية عشر إلكترونًا، وهكذا. ولقد ذكرنا من قبل أن الغازات النبيلة غير تفاعلية/نشطة، ومع ذلك، فقد اتضح أن طبقاتها ممتلئة أيضًا، ويعتبر أول مبادئ «نظرية طبقات الذرة» — النظرية القائلة إن السلوك الكيميائي يعتمد على عدد الإلكترونات في الطبقات — وأكثرها جوهرية هو المبدأ القائل إن الذرة تميل لأن تكتمل طبقاتها امتلاء، وثمة حافز ملح للتفاعلات الكيميائية هو أن الذرة تميل لأن تمتلئ بالحمل الإلكتروني أو تفرغه بأي من الوسائل المتاحة إلى أن تصل إلى هذه الحالة السعيدة. ومن ثم تميل ذرة الكلور ذات السبعة إلكترونات في طبقتها الخارجية لأن تكتسب إلكترونًا، ومن ثم يصبح لديها ثمانية إلكترونات وتمتلئ طبقتها الخارجية. ويفقد الصوديوم إلكترونه الخارجي ومن ثم يكون له طبقة ممتلئة بثمانية إلكترونات. في حقيقة الأمر، غالبًا يقع الاختيار على الرقم ثمانية للترتيب المستقر للإلكترونات، ونحن نشير إلى ترتيب الطبقة الخارجية المكتملة والمستقرة تلك بالثمانيات، ومن ثم يكون للموسيقيين ثمانيتهم وللكيميائيين أيضًا ثمانيتهم. لكن المفهوم يشوبه بعض الغموض عند الكيميائيين؛ إذ تتكون الطبقة الخارجية المكتملة للهيدروجين على سبيل المثال من إلكترونين، ومن ثم تكون ثمانيته ثنائية، فهو فعليًّا ثنائي (لحن ثنائي) وليس ثمانيًّا!

ويُمنح الصوديوم، إذا فقد إلكترونًا، شحنة موجبة صافية تُرى كعلامة (+) تُكتب أعلى الرمز هكذا Na^+، وبالطبع يمكن للصوديوم أيضًا أن يكتسب سبعة إلكترونات كي يملأ ثمانيته، لكن الذرة تميل للأسهل؛ ففقد إلكترون أسهل من اكتساب سبعة أخرى. ويعطي اكتساب إلكترون للكلور شحنة سالبة صافية تُرى كعلامة (−) مكتوبة فوق العنصر، Cl^-، وتعني الشحنات المتساوية والمتضادة لأيوني الصوديوم والكلور أن كلًّا منهما سيسعى نحو الآخر وسيتحد كل منهما بالآخر بنسبة واحد إلى واحد مكونين NaCl.

وهذا نفس ما يحدث مع كلوريد البوتاسيوم. ويقع البوتاسيوم (رمزه (K) مأخوذ من الكلمة اللاتينية Kaluim) أسفل الصوديوم مباشرة في الجدول

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac†	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	•	•	•						

*Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
†Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

شكل ١-٢-٥: إذا فقد الصوديوم Na إلكترونًا ستكتمل طبقته الخارجية، وإذا اكتسب الكلور إلكترونًا ستمتلئ طبقته الخارجية. وعليه، بنقصان إلكترون يصبح الصوديوم Na^+، وبزيادة إلكترون يصبح الكلور Cl^-. ويجتمع Na^+، وCl^- معًا ليكونا NaCl.

الدوري، ويتسنى للبوتاسيوم بلوغ حالة السعادة الناتجة عن وجود ثماني إلكترونات في طبقته الخارجية بواسطة فقد إلكترون، تاركًا بروتونًا زائدًا طليقًا وشحنة موجبة، وتتناسب هذه الشحنة الموجبة مع الشحنة السالبة لأيون الكلور، التي تكون في أسعد حالاتها، وينتج عن ذلك كلوريد البوتاسيوم KCl، وهو مركب يمكن أن يحل محل ملح الطعام. وبالاستعانة بالجدول الدوري نجد أن الكالسيوم يصل إلى حالة الامتلاء عندما يفقد إلكترونين ويكتسب شحنتين موجبتين Ca^{2+}، ومن ثم، من الممكن أن نتوقع ارتباطه بأيونين من الكلور $2Cl^-$ ليكون ملح كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$.

$$Ca^{2+} + 2Cl^- \longrightarrow CaCl_2$$

هذه هي المعادلة على طبق من فضة أو على طبقة ذرية إذا رغبت.

ويمكن أن تمتد الفكرة لتشمل مواد مكونة من اللافلزات أيضًا، فعلى سبيل المثال، يمكن شرح مركب H_2O (الماء) في ضوء الطبقات الذرية، وثمة خيط رفيع فاصل فيما يخص الاختلاف بين الرابطة الكيميائية في كلوريد

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac†	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	•	•	•						

*Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
†Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

شكل ١-٢-٦: يمكن تحديد عدد إلكترونات التكافؤ (عدد الإلكترونات في الطبقة الخارجية) للهيدروجين والأوكسجين من طريق موقعهما في الجدول الدوري؛ فالعدد الذري للهيدروجين هو واحد، فيكون لديه بروتون وإلكترون تكافؤ، ويكون إجمالي إلكترونات الأوكسجين هو تسعة إلكترونات، لكن اثنين فقط منها يوجدان في الطبقة الممتلئة، أما الستة إلكترونات الخارجية ففي طبقة التكافؤ.

الصوديوم والرابطة في الماء وهي ما سوف نتناولها لاحقًا عندما نخوض أكثر في الروابط الكيميائية، لكن لا يزال إعادة ترتيب الإلكترونات لملء الطبقات هو أولويتنا الأساسية.

وعدد إلكترونات التكافؤ (إلكترونات الطبقة الخارجية) التي يجلبها الهيدروجين للخليط هي إلكترون يستدل عليه من موقعه كأول عنصر في الجدول الدوري، والهيدروجين في حاجة ماسة إلى طبقة ممتلئة مثل التي يتمتع بها الهليوم مما يعني أنه في حاجة إلى إلكترون آخر. وبالمثل يكون عدد إلكترونات التكافؤ التي يجلبها الأوكسجين للتفاعل هي ستة إلكترونات يستدل عليها من موقعه كسادس عنصر في الجدول، (في الدورة الثانية عند القراءة من اليسار إلى اليمين عبر الجدول الدوري)، إلا أن الأوكسجين غير مشبع أيضًا، ويصل الأوكسجين إلى السعادة الحقيقية (حالة الاستقرار) عندما يكتمل امتلاء طبقته الخارجية كما في حالة النيون، لكن الأوكسجين يحتاج أن يكتسب إلكترونين لكي تمتلئ طبقته الخارجية، يحصل كل من الهيدروجين والأوكسجين على احتياجاتهما المتبادلة عن طريق مشاركة الإلكترونات، لكن الأمر يستلزم

وجود ذرتي هيدروجين في هذا الخليط الخاص لسد حاجة ذرة أوكسجين واحدة، وعندما تشارك كل من ذرتي الهيدروجين بإلكترونيها الوحيدين مع ذرة الأوكسجين، ينتهي الحال بثمانية إلكترونات تكافؤ للأوكسجين. وفي هذا التبادل، تستطيع كل ذرة هيدروجين أن تستفيد بإلكترون من الأوكسجين وتملأ طبقتها الخاصة وتأخذ نصيبها! والناتج عن هذا الخليط هو الماء H_2O.

ونحن بلا ريب نحتاج الماء للحياة، وأيضًا الهواء، لكننا لا نحتاج كل مكونات الهواء، فأغلب الهواء يتكون من غاز النيتروجين الذي يوجد في شكل جزيء ثنائي الذرة N_2، ويختلط بالنيتروجين كمية كبيرة من غاز الأوكسجين الذي يتكون من جزيء ثنائي الذرة O_2. ويمكن تفسير طبيعة النيتروجين كجزيء ثنائي الذرة بالرغبة نفسها في الوصول إلى طبقات ممتلئة، إذ تحوي ذرة النيتروجين خمسة إلكترونات في طبقاتها الخارجية، وفي حالة وجود ذرتي نيتروجين، تشارك كل ذرة شريكتها الأخرى من النيتروجين بثلاث إلكترونات — إذ تفيد كل منهما الأخرى بالحصول على ثمانية إلكترونات لملء طبقاتهما.

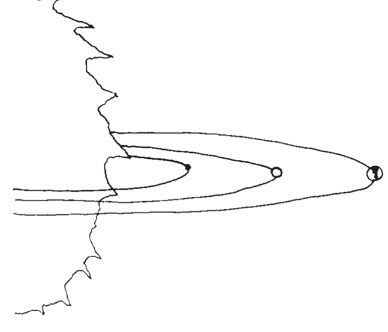
ويُعزى غنى الهواء الشديد بالنيتروجين أكثر من الأوكسجين إلى سبب كيميائي، ألا وهو قلة النشاط الكيميائي للنيتروجين، مما يجعله يشارك في أنواع محدودة من التفاعلات الكيميائية أقل من الأوكسجين، ناهيك عن أن غاز النيتروجين مستقر في الجو مما يعرضه لأشعة الشمس وهو ما لا يحدث مع الأوكسجين. ولكن لا يعني القول أن غاز النيتروجين أقل نشاطًا من غاز الأوكسجين أن النيتروجين غير نشط، ففي حقيقة الأمر النيتروجين نشط جدًّا ويستدل على ذلك من عدد المواد والمخاليط التي تحوي النيتروجين كمكون أساسي لها.

فعلى سبيل المثال، النيتروجين مكون أساسي في البارود، علاوة على أنه يعتبر مكونًا أساسيًّا في الأحماض الأمينية الضرورية للحياة كما نعلم. وتعطي مركبات النيتروجين اللون البني المحمر للدخان، ويوجد حامض النيتريك في الأمطار الحامضية، ويستخدم سائل النيتروجين في إزالة البثور، ونفس النيتريتات التي تستخدم لحفظ الطعام تسبب السرطان للفئران، وتقوم مركبات النيتروجين بمسئولية إيجاد تربة خصبة غنية بالنيتروجين وأيضًا بمسئولية نمو البكتيريا التي توجد عند حدوث مرض طفح الحفاض عند الأطفال، وتدخل بعض مكونات النيتروجين في المنظفات القوية، في حين يعتبر البعض الآخر مصدر

روائح تضاهي في كراهيتها روائح السمك السيئة. والغاز المضحك الذي يستخدم مُخدِّرًا لقلع الأسنان بلا ألم هو أحد أكاسيد النيتروجين، في حين أن TNT وهو اختصار مادة ثلاثي نترات التولين هي مادة غير بنّاءه. وعلى الصعيد الفسيولوجي، شكلت مركبات النيتروجين النشطة — مثل الكافيين والنيكوتين والموروفين والكودين والكينين (مادة شبه قلوية شديدة المرارة تعالج بها الملاريا) — تاريخ البشرية. ويشارك النيتروجين في الكيمياء التي تهدد الحياة بالمتفجرات المخصبة بالنيتروجين، وأيضًا في الكيمياء التي تحمي الحياة عن طريق الوسائد الهوائية الممتلئة بالنيتروجين. فالنيتروجين مادة تسبب دمارًا شاملًا ونفعًا تامًّا في الوقت نفسه، كيف يكون هذا؟!

ولفهم براعة النيتروجين نحتاج أن نلقي نظرة أخرى على الجدول الدوري، وبالنظر على موقع النيتروجين نجد أن هناك طريقتين يمكن بهما الحصول على طبقة ممتلئة: إما باكتساب ثلاثة إلكترونات والوصول إلى طبقة مكتملة العدد، كما ذكرنا من قبل، أو بفقد خمسة إلكترونات والوصول إلى طبقة مكتملة العدد أيضًا. وكما يتضح، ثمة بعض المواقف الوسطية مثل فقد ثلاثة إلكترونات فقط، فهذا مقبول للنيتروجين أيضًا، ومن ثم يمثل النيتروجين شخصيات عديدة، ويمكنه أن يخضع للعديد من التحولات. وسنواصل التعلم عن تعدد براعة النيتروجين وما تبقى من الجدول الدوري في الصفحات القادمة.

على سبيل المثال: عناصر التنوع



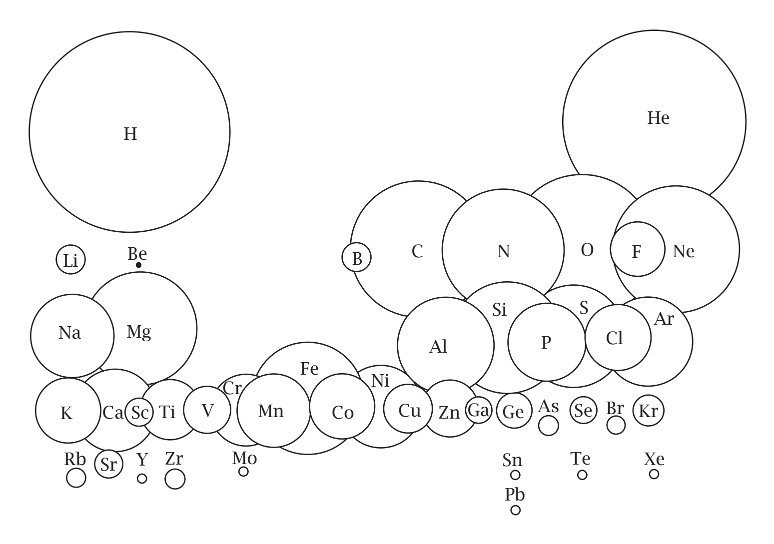
الآن وبعد أن اطلعنا على الجدول الدوري، لنقم بجولة قصيرة. تعد الكثير من عناصر الجدول الدوري مثل الحديد (Fe) (الرمز مأخوذ عن الكلمة اللاتينية Ferrum) والنيتروجين (N)، والفوسفور (P) والأوكسجين (O) والكربون (C)، عناصر مألوفة، في حين لا تكون بعض العناصر الأخرى مألوفة مثل التكنتيوم (Tc) واللانثانم (La). فنحن نألف الهيدروجين والأوكسجين لوجودها في الهواء الذي نستنشقه والأرض التي نمشي عليها، لكن مهما استنشقنا من الهواء أو حفرنا الأرض، لن نتوقع أبدًا أن نستنشق ذرة من اللورانسيوم (Lr) أو

نكتشف جرامًا من السيبورجيوم (Sg)، وليست هذه العناصر غير مألوفة لصعوبة نطقها أو استهجاء حروفها فحسب (مع أنه يمكن إثارة الجدل حول هذا أيضًا)، بل هي غير مألوفة أيضًا في علمَيِ الكونيات والفيزياء، ويرتبط السبب في ذلك بما يعرف بنظرية الانفجار العظيم.

وطبقًا لنظرية الانفجار العظيم، نشأ عالمنا نتيجة انفجار هائل لا يمكن تصوره (لذا سُمي بالانفجار العظيم)، ثم تكثفت أنقاض هذا الانفجار العظيم في البداية إلى العناصر الأخف وهي الهيدروجين والهليوم لأنها تكون بسيطة نسبيًّا، إذ يتألف الهيدروجين من بروتون وإلكترون، ويتألف الهليوم من بروتونين ونيترونين وإلكترونين. وعندما يتجمع عدد كافٍ من الذرات معًا وتبدأ الكتلة في الانضغاط تحت ثقل جاذبيتها، حتى تبدأ فعليًّا هذه النوى في الاندماج لتكون نوى الذرات الأثقل، وأثقل نواة تكونت في الكواكب الأولى في غضون عملية الاندماج، أي اندماج النوى معًا، هي نواة الحديد. ولكي تحوي الشمس عناصرها كان لا بد أن تبدأ في عملية اندماجها مع بعض النوى الأثقل الموجودة بالفعل، مما يحتمل أن الشمس من نجوم الجيل الثالث، أي أنها تكونت نتيجة لتجمع الغبار الناجم عن انفجارات نجمين سابقين، ومع ذلك — وحتى عند النظر إلى الوفرة النسبية للعناصر الموجودة في الشمس كما هو مبين في شكل رقم ١-٢-٧ — فإنه يتبين أن العناصر الخفيفة مثل الهيدروجين والهليوم لا تزال تتصدر العناصر الباقية من حيث احتلالهما للحجم الأكبر من الشمس.

يوضح انتشار العناصر في الشكل رقم ١-٢-٧ بمقياس لوغاريتماتي: تمثل التغييرات في أنصاف أقطار الدوائر التغيرات في الحجم أو أس الرقم عشرة مثل مقياس الديسيبل (وحدة لقياس التفاوت بين شدتي صوتين)، فتزيد شدة الصوت الذي يسجل مقياس ٢٠ ديسيبل عشرة أضعاف الصوت الذي يسجل ١٠ ديسيبل، وشدة الصوت الذي يسجل ٣٠ تكون مائة ضعف الصوت الذي يسجل ١٠ ديسيبل، وفي هذا الجدول الدوري يمثل نصف قطر الدائرة المحيطة بالعنصر مضاعفات الرقم عشرة.

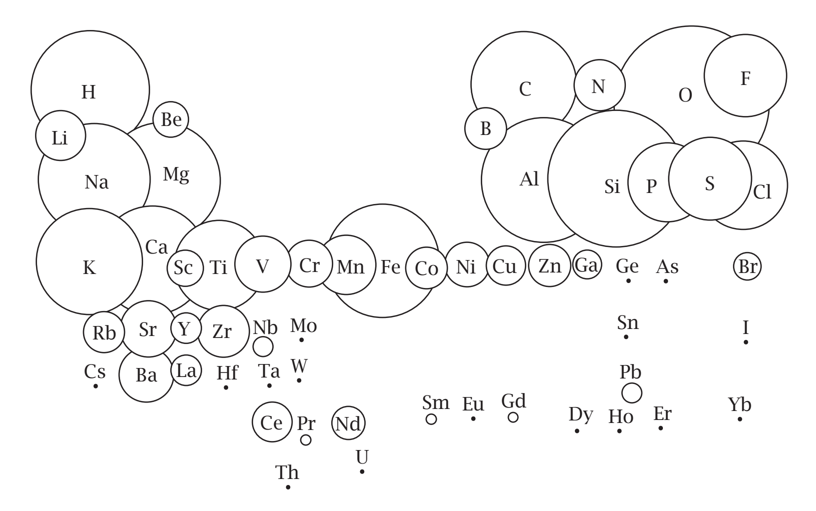
نحن نستخدم المقياس اللوغاريتمي لقياس وفرة العناصر لوجود فرق شاسع بينها، فتشبه محاولة مقارنة مدى انتشار العناصر، في غياب هذا المقياس، محاولة رسم جودزيلا (وحش عملاق) إلى جانب فأر في نفس الإطار (وقد يكون هذا سبب عدم وجود فيلم يمكن أن يحمل عنوان: «جودزيلا



شكل ١-٢-٧: انتشار العناصر الموجودة في الشمس. عُدلت بناء على تصريح من ستيفن أي. داتش لمقال «الجدول الدوري للعناصر المنتشرة» الصادر عن مجلة تعليم الكيمياء عدد ٧٦ (١٩٩٩): صفحة ٥٨–٣٥٦.

يتحدى الفأر الخارق!»). فناطحة السحاب في الفيلم يمكن أن تظهر بجانب جودزيلا وليس الفأر. ولن نشغل أنفسنا بدقة الأرقام هنا، نحن نريد فقط أن نشعر بالانتشار النسبي للعناصر وهذا يمكن تقديمه جيدًا بواسطة الدوائر.

ثمة قفزة بعد الهيدروجين والهليوم إلى الكربون ويعزى ذلك إلى أن النوى المركزية تكون غير ثابتة على نحو لا يسمح لها أن تتكوّن في غضون عملية الاندماج النووي، وتحوي ذرة الهليوم بروتونين في نواتها والكربون لديه ستة بروتونات في نواته، لذا يمكن أن تتكوّن ذرة كربون من اندماج ثلاث ذرات هليوم، وهي عملية تتطلب حرارة وكثافة شديدتين لنجوم ضخمة. يعقب هذا تفضيل مميز للنواة التي بها عدد زوجي من البروتونات في نواتها، فالأوكسجين به ثمان بروتونات في نواته والنيون به عشرة بروتونات والماغنسيوم به اثنا عشر بروتون وهكذا. ويمكن شرح هذا التفضيل في ضوء نظريات الفيزياء الذرية، لكنه ليس موضوعنا الآن. وقد لاحظنا أن العناصر الضرورية للحياة مثل الهيدروجين والكربون والنيتروجين والأوكسجين والصوديوم والماغنسيوم والفوسفور والكالسيوم والحديد، وهلم جرًّا، توجد جميعها في الشمس أيضًا.

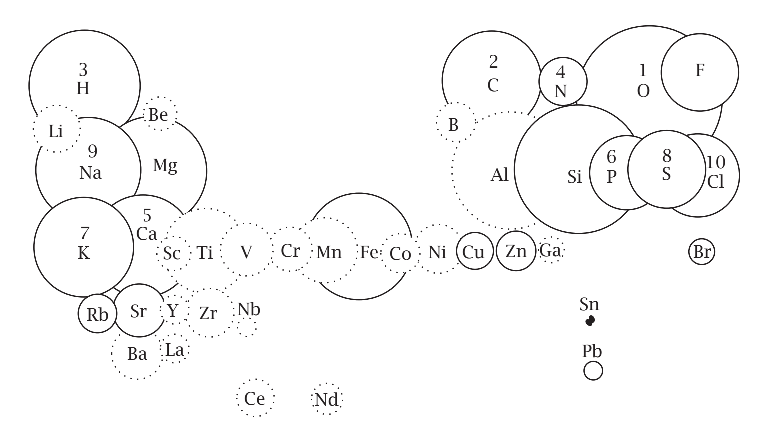


شكل ١-٢-٨: انتشار العناصر في قشرة الأرض. وقد عُدلت بناء على تصريح من ستيفين أي. داتش عن مجلة تعليم الكيمياء «الجدول الدوري للعناصر الغزيرة» ٧٦ (١٩٩٩): ٨٥-٣٥٦.

وفي بعض الأحيان تتكثف بقايا الانفجار العظيم وانفجارات النجوم إلى كوكب بدلًا من نجم آخر، وهو ما يُرجح حدوثه مع كوكب الأرض. ويمكن أن نستدل من انتشار العناصر الموجودة في قشرة أرضنا الموضحة في شكل ١-٢-٨ أن عناصر الأرض هي بالتقريب عناصر الشمس نفسها ولكن مستنفدة في أكثر العناصر تطايرًا مثل الهليوم والهيدروجين.

ويوضح الثراء النسبي لعناصر الألمنيوم والسليكون مقارنة بالحديد والنيكل حدوث تغير في الاتجاه لمصلحة العناصر الأخف؛ لأننا ننظر إلى قشرة الأرض فيتضح لنا، أنه نتيجة للتغيرات المناخية الشديدة في آلاف السنين، أن العناصر الثقيلة قد اتجهت نحو باطن الأرض أما العناصر الأخف فقد ارتفعت إلى القمة.

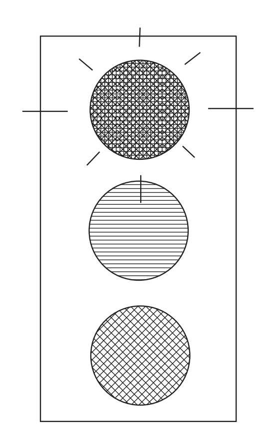
وفي شكل ١-٢-٩ نقارن الأربعين عنصرًا التي تتبوأ القمة في القشرة الأرضية بعناصر القمة العشرة في جسم الإنسان،[٣] مؤكدين مرة أخرى لمعظم الناس أنه — وقد يكون هذا محبطًا لعلماء النظريات الخاصة بالحياة خارج الأرض — يمكن أن يكون انتشار العناصر في جسم الإنسان مشابه لانتشار العناصر الموجودة على الأرض على نحو لافت للنظر مما يزيد التأكيد بشأن أصولنا التطورية. وفي ترتيب تنازلي للكميات، يتألف جسم الإنسان من



شكل ١-٢-٩: مقارنة بين عناصر القمة الأربعين الموجودة في القشرة الأرضية وعناصر القمة العشرة في جسم الإنسان، وتُرقم العناصر الموجودة في الجسم لبيان انتشارها، ويكون الأوكسجين المرقم برقم (١) أكثرها وفرة، ثم يليه الكربون المرقم برقم (٢)، إلخ.

أوكسجين وكربون وهيدروجين ونيتروجين وكالسيوم وفوسفور وبوتاسيوم وكبريت وصوديوم وكلور، وتوجد عناصر أخرى لكن بكميات أقل من ٠,١٪.

إلا أن هناك بعض الاستثناءات المثيرة؛ فالسليكون الذي يوجد في كل حبة من الرمال التي يطؤها كل مخلوق يوميًّا ويستحوذ عليه كل جذر من جذور النباتات، لا وجود له بين عناصر القمة العشرة في جسم الإنسان. ولا ينعدم الألمنيوم — الذي يبرز في القشرة الأرضية — من عناصر القمة العشرة بجسم الإنسان فحسب، بل أيضًا تُجرى الأبحاث عنه لارتباطه بتلف الأعصاب.[٤] ولا يبلغ اليود أي مرتبة في قائمة عناصر القمة الأربعين للقشرة الأرضية، ومع ذلك فغيابه من جسم الإنسان يتسبب في الإصابة بتضخم الغدة الدرقية. ويمكن أن نخلص من هذه المقارنة إلى أنه ليس الوجود الفيزيائي للعنصر هو الذي يحدد أهميته فحسب، بل نشاطه الكيميائي أيضًا، لذا اسمحوا لنا أن ننتقل إلى هذه المملكة.



تجربة ٣: كيمياء منضبطة

«تلتهم النيران الأرضية الأشياء أيضًا بدرجة سريعة إلى حد ما، تتوقف على مدى قابلية الشيء نفسه الذي تداهمه النيران للاحتراق، من ثم نجحت العبقرية البشرية في اختراع مستحضرات كيميائية لكبح نشاطها أو تثبيطه.»

جيمس جويس «Portrait of the Artist as a Young Man» ١٩١٥

ارتد نظارة الأمان الواقية. اغرف ملعقتي طعام (٣٠ مليلتر) من محلول خلات الحديد (محلول الخل مضاف إليه الصوف الفولاذي المُنحل المُدرج في «قائمة المشتريات والمحاليل») في طبق بلاستيكي رقيق. أضف ملعقة شاي (٥ مليلتر) من النشادر. ينبغي أن يتحول لون المحلول الناتج من اللون البرتقالي المائل للبني إلى الأخضر الداكن. الآن صب ملعقة شاي (٥ مليلتر) من فوق أكسيد الهيدروجين. يتلون المحلول الناتج بلون أحمر قانٍ مثل لون الجلطة الدموية شديدة الحمرة.

ماذا حدث إذن؟ يستوعب الحديد — شأنه في ذلك شأن النيتروجين — أعدادًا مختلفة من الإلكترونات التي ترتبط بنواته. تعبر حالة تأكسد عنصر ما في

البيئة المتاحة — سواء كان العنصر وحده أو أيونًا أو متحدًا في مركب — عن حمل العنصر من الإلكترونات في هذه البيئة. يتغير الحديد في التجربة الحالية بين حالتين مختلفتين للأكسدة وهي: أيون الحديديك (Fe^{3+} أو أيون ذو ثلاث شحنات موجبة بمعنى أنه يفقد ثلاث إلكترونات)، وأيون الحديدوز (Fe^{2+} أو أيون ذو شحنتين موجبتين بمعنى أنه يفقد إلكترونين). ويعتبر فوق الأكسيد هو العامل الذي سبب حدوث التغيير في الحديد.

حديدوز + فوق أكسيد الهيدروجين ⟵ حديديك + ماء + أوكسجين

تغير الحديد من أيون الحديدوز إلى أيون الحديديك لأن فوق الأكسيد يجذب الإلكترونات بعيدًا عن الحديد. ويستخدم فوق أكسيد الهيدروجين الإلكترونات الزائدة ليتغير إلى ماء وغاز الأوكسجين الذي يخرج في شكل فقاقيع من المحلول في أثناء التفاعل. ويأخذ المركب الذي يتكون من الحديدوز والنشادر اللون الأخضر. وعندما يغير فوق الأكسيد أيون الحديدوز إلى حديديك، يقوم النشادر الذي لا يزال في المحلول ولم يتغير بعد، بتكوين مركب أحمر مع الحديديك. ويطلق على تفاعلات مثل هذه عندما تكتسب العناصر إلكترونات أو تفقد بعضًا منها «تفاعلات الاختزال» (إذا اكتسبت إلكترونات) و«تفاعلات الأكسدة» (إذا فقدت إلكترونات). ولأن هذه النوعية من التفاعلات يجب أن تحدث في الوقت نفسه، تسمى النتيجة المشتركة بتفاعلات الأكسدة والاختزال، وهي فئة من التفاعلات ذات أهمية في الماضي وفي الحاضر.